This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 1,060,458

UNIVERSITY OF MICHIGAN

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME IX — 20 JANVIER 1906

(TRENTIÈME ANNÉE; TOME LIX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1906

LE CHANOINE NICOLAS JEAN BOULAY

La Société scientifique vient de faire une perte bien grande et bien douloureuse en la personne de M. le Chanoine Boulay, doyen de la Faculté des sciences à l'Université catholique de Lille, décédé le 19 octobre, à l'âge de 69 ans. Les qualités éminentes de notre regretté confrère, la part active qu'il a prise à nos travaux, sa haute science, sa grande modestie nous font un devoir de lui adresser un suprême adieu et de consacrer à sa mémoire un souvenir reconnaissant.

M. le Chanoine Nicolas Jean Boulay naquit en 1837 à Vagney, non loin de Remiremont dans les Vosges. Il se fit remarquer de bonne heure par la fermeté de son caractère et par la précision de son esprit. Ses études en littérature, en philosophie et en théologie furent des plus brillantes ; mais ce fut surtout vers les sciences naturelles que sa vocation scientifique se dessina. Tout jeune encore il s'occupa des ronces de la Lorraine ; il était encore étudiant au séminaire, lorsqu'il entra en relation avec le savant professeur Godron de Nancy. Celui-ci encouragea le jeune abbé dans ses études et le poussa à publier, en 1864, son premier travail sur ce groupe important de végétaux.

Nommé quelque temps vicaire au sortir de sa théologie, M. Boulay fut bien vite, à la demande de ses anciens maîtres, rappelé comme professeur au séminaire de St-Dié

par l'éminent cardinal Caverot qui avait apprécié ses talents et deviné son avenir.

Si l'on veut savoir quel fut son enseignement dans ce milieu choisi, on n'a qu'à visiter le diocèse de St-Dié. Tous ceux qui eurent l'avantage d'être ses disciples redisent avec émotion quel zèle il apportait dans ses fonctions, combien il passionnait le jeune clergé pour les sciences et quelles belles excursions il lui procurait dans les montagnes qui encadrent si gracieusement la ville. Tout lui était également familier : la botanique, la zoologie, la géologie, la physique, la chimie ; et, de ses connaissances si variées, il savait toujours tirer une conclusion philosophique qui élevait l'âme de ses élèves vers Dieu et les armait pour les combats de l'avenir.

Cependant, c'était vers la liberté de l'enseignement supérieur catholique qu'allaient ses préférences. Aussi, lorsque le R. P. d'Alzon annonça qu'il allait fonder une Université catholique à Nîmes, M. Boulay fut des premiers à donner son concours. Si les projets du R. P. d'Alzon n'aboutirent pas, du moins les quelques années que notre savant confrère passa à Nîmes et à Marseille ne furent pas sans résultat. Il eut le talent et le courage, en dépit d'un enseignement chargé, de préparer seul et de conquérir avec succès le grade de licencié ès sciences naturelles.

L'heure était venue où, dans la capitale du Nord de la France, des catholiques intelligents et généreux songèrent, cette fois pratiquement, à constituer une véritable Université catholique. L'appel qu'ils firent à M. Boulay fut entendu et le savant botaniste vint des premiers à Lille avec de belles collections de zoologie, de botanique et de géologie qu'il avait en grande partie recueillies lui-même.

La chaire qu'il devait occuper était celle de botanique, sa science préférée ; mais, comme il se trouvait presque seul au début, il dut à la fois pourvoir à l'enseignement complet des sciences naturelles, créer un jardin botanique, classer les collections et contribuer à l'organisation du

cabinet de physique aussi bien que des laboratoires de chimie. Tout autre aurait succombé sous une si lourde tâche : loin d'en sentir le poids, M. Boulay trouva encore le temps de préparer et de soutenir, en 1876, devant la Faculté des sciences de Caen, deux belles thèses qui lui valurent le grade de docteur ès sciences. La première avait pour objet : *Les principes généraux de la distribution des mousses* ; la seconde : *Le terrain houiller du Nord de la France*.

Depuis cette date, ses publications ne cessèrent point. Il mena tout de front : la botanique descriptive, la paléontologie végétale, les discussions philosophiques, la pédagogie scientifique ou l'enseignement des sciences dans les petits et les grands séminaires, l'anthropologie, la sociologie, le développement des collections, la nouvelle organisation du jardin botanique, la fondation d'une société pour l'étude des ronces, la fondation d'une société semblable pour l'étude des mousses, la création de la REVUE DE LILLE, l'organisation, à l'Université, de conférences d'anthropologie, et, par dessus tout, la préparation toujours parfaite, toujours méthodique des étudiants au grade si difficile de la licence.

Nos ANNALES et notre REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES sont remplies de ses travaux : Analyse du beau travail de M. Grand Eury sur le *Bassin houiller de la Loire* (1877) ; *Recherches de paléontologie végétale sur le Bassin houiller du Nord de la France* (1879) ; *Notices sur les Moraines profondes des anciens glaciers* dans les hautes vallées des Vosges (1882) ; *Théorie de l'Évolution en Botanique* (1893) ; *Flore fossile de Gergovie*, etc., etc.

La REVUE DE LILLE, dont il fut l'un des principaux fondateurs et à laquelle il collabora si activement, s'honore d'avoir enregistré dans ses numéros : ses études sur les *Sciences naturelles et la Bible* (1893) ; ses publications sur le *Transformisme* (1890-1891) ; ses aperçus sur l'*Ancien-*

neté de l'homme (1894); ses observations sur la *Formation scientifique des professeurs ecclésiastiques* (1894); sa critique des *Sermons laïcs d'Huxley* (1894); ses remarques sur le *Congrès scientifique international des catholiques* (1894); son travail sur l'*Origine de l'espèce humaine*, etc., etc.

A Colmar, il publia une belle étude sur la *Paléontologie végétale du Terrain houiller des Vosges* (1879); à Marseille, des annotations sur quelques *Mousses de la région méditerranéenne* (1881); à Lille, un aperçu général sur les *Arbres* (1888), les *Premiers Jours de la Genèse* (1890), la *Flore pliocène de Thézier* (Gard) (1890), un *Traité d'anthropologie* (1896).

Mais son grand travail, celui qui fait l'honneur de sa vie, est son savant *Traité des Muscinées*. La première édition en un volume avait été saluée du titre d'*opus praestantissimum* par les Allemands. Il le développa depuis et fit paraître le premier volume d'une seconde édition en 1883. Le second volume avait été édité en 1904; il était occupé à la rédaction du troisième, lorsque la mort vint le frapper sur la brèche. Nous espérons qu'il se rencontrera quelqu'un pour achever ce travail monumental où l'on ne sait ce qu'il faut le plus admirer, de l'érudition ou de la précision scientifique de l'auteur.

Dans son deuil notre Société scientifique est fière d'avoir compté M. Boulay dans son sein, de l'avoir appelé depuis longtemps à la présidence de la troisième section et tout dernièrement à la présidence générale. Bon nombre d'autres sociétés s'honorèrent de le compter parmi leurs membres : les Sociétés scientifiques de Colmar, de Marseille, de Besançon, et surtout les deux grandes Sociétés géologique et botanique de France. Cette dernière fut unanime en 1898 à l'appeler à la vice-présidence, malgré son éloignement de Paris.

Tant de travaux, tant de science méritaient des récompenses. Par deux fois les suffrages des collègues de M. Boulay et la confiance des évêques l'appelèrent au décanat : Monseigneur de Saint-Dié lui conféra le titre de Chanoine honoraire de sa cathédrale et Monseigneur de Cambrai lui envoya pareille distinction, heureux d'attacher à son église métropolitaine un prêtre d'un tel mérite. Inutile de dire que ces honneurs ne changèrent rien aux habitudes de modestie et de travail de M. Boulay.

Beaucoup d'autres distinctions lui seraient encore arrivées, s'il avait été de l'enseignement officiel ; mais ce saint prêtre était au-dessus de toutes les récompenses humaines. Sa grande satisfaction était de faire mieux connaître le Dieu des sciences et de mieux faire estimer son Église. Nous espérons que Dieu lui a accordé là Haut la contemplation de cette vérité qu'il aimait tant, et nous souhaitons pour l'Église d'avoir toujours des maîtres tels que M. le Chanoine Boulay.

Chanoine BOURGEAT.

LES OBSERVATOIRES

DE

LA COMPAGNIE DE JÉSUS

AU DÉBUT DU XXe SIÈCLE

A la fin du XVIIIe siècle, au moment de la suppression de leur Ordre, les Pères de la Compagnie de Jésus étaient à la tête de 30 observatoires, sur 130 environ qui existaient à cette époque. De ces 30 observatoires, les uns cessèrent d'exister, les autres passèrent en de nouvelles mains.

Fidèle à son passé et aux grandes idées qui avaient fait sa gloire, la Compagnie de Jésus renaissante, au fur et à mesure de ses moyens, reprit les travaux scientifiques interrompus. Dix ans à peine après son rétablissement, elle rentrait en possession de l'Observatoire du Collège Romain, en 1824. L'Observatoire de Georgetown se fondait en 1842, celui de Stonyhurst en 1844 ; d'autres suivirent bientôt.

Au début du XXe siècle, moins de cent ans après son rétablissement, les Pères de la Compagnie de Jésus dirigent plus de vingt observatoires. Deux pourtant leur ont été enlevés : celui du Collège Romain, et celui de Quito ; c'étaient les deux seuls qui fussent régulièrement subventionnés par des gouvernements. La Compagnie doit

suffire, à peu près seule, aux dépenses de tous les autres, à l'exception de celui de Manille.

De ces observatoires, tous, évidemment, n'ont pas la même importance : ceux de Georgetown, Stonyhurst, Manille, Zi-ka-wei, Kalocsa et Tananarive, classés ainsi par ordre de date de fondation, concentrent, à l'heure qu'il est, la majeure partie de l'activité scientifique et sont universellement connus. D'autres, tout en étant des observatoires de recherches, sont plus récents ou ont une moindre renommée ; d'autres enfin sont plutôt des observatoires de collèges et en complètent heureusement l'enseignement.

Il nous a semblé intéressant de fixer la physionomie des observatoires actuellement existants, en réunissant, dans une série de notices, les étapes de leur histoire et les détails de leur fonctionnement. Ce sera, du même coup, réunir et classer des documents trop épars.

L'histoire des anciens observatoires de la Compagnie de Jésus mériterait d'être écrite ; elle nécessite de longues et minutieuses recherches que nous espérons pourtant mener à bien. A cette histoire pourront être adjointes, comme traits d'union avec les notices suivantes, des notices sur quelques observatoires, fondés, puis supprimés, dans le courant du XIXe siècle : ainsi l'Observatoire de Quito, dirigé par les Jésuites de 1870 à 1875, celui de l'Université St-Louis (États-Unis), fondé en 1855, supprimé en 1888, d'autres encore. L'Observatoire du Collège Romain, malgré le renom que lui ont donné, de 1824 à 1879, ses illustres directeurs, ne doit pas cependant être séparé de ses jumeaux du XVIIe siècle ; son histoire, pour être comprise, ne doit pas être fragmentée.

Bien que renfermant quelques détails biographiques, les pages qui suivent contiennent surtout des monographies d'observatoires. Ennemis, amis, membres même de la Compagnie de Jésus, y verront comment elle comprend, de nos jours encore, l'apostolat de la science.

OBSERVATOIRE DE GEORGETOWN (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — Le collège de la Compagnie de Jésus à Georgetown est le plus ancien des États-Unis ; il fut fondé en 1789 par le Père Jean Carroll, quelque temps avant son élévation à l'épiscopat. L'Observatoire de Georgetown est lui-même l'un des premiers de la République Américaine, car il date de 1842-43. Il est par conséquent contemporain de l'Observatoire Naval de Washington, son puissant voisin d'aujourd'hui, et de sept ans seulement plus jeune que l'Observatoire de Williams College, le plus ancien des États-Unis.

L'Observatoire de Georgetown fut construit et organisé par le Père Jacques Curley. Né le 25 octobre 1796, dans le comté de Roscommon, en Irlande, Jacques Curley arriva à Philadelphie en 1817. Il n'avait fait encore que des études primaires, mais montrait déjà certaines aptitudes pour les sciences exactes. Après avoir, durant neuf ans, exercé de petits emplois de teneur de livres et de professeur d'arithmétique, à l'âge de 30 ans il commença ses études de latin au séminaire de Washington. En 1827 il entrait au noviciat de la Compagnie de Jésus à Georgetown ; son noviciat terminé, il était nommé professeur de sciences au Collège de cette ville ; il devait occuper cette chaire pendant quarante-huit ans.

En 1841, sous le rectorat du Père Thomas Jenkins, on décida d'annexer au Collège de Georgetown un observa-

(1) Georgetown College Observatory. *Georgetown* (D. C.). États-Unis.

toire destiné à compléter l'enseignement des sciences. Le Père Jenkins et le Père Charles Stonestreet réunirent les fonds nécessaires ; le Père Curley choisit l'emplacement, dessina les plans et réussit, au bout de peu de temps, à réunir une série d'instruments de premier ordre, dont plusieurs, aujourd'hui, fournissent encore un bon usage. Citons un instrument méridien d'Ertel, de Munich, monté en 1844, un équatorial de Troughton et Simms, de Londres, monté en 1849, deux pendules sidérales de Molyneux.

Profitant des instants de loisir que lui laissait son enseignement au collège, le Père Curley se mit au travail. Avec le concours de Sir G. B. Airy, Astronome Royal à Greenwich, il commença, par une suite de mesures de culminations d'étoiles circumpolaires, à déterminer la latitude du nouvel observatoire, puis sa longitude, au moyen d'une suite d'observations d'occultations d'étoiles par la lune. L'opération fut si bien menée qu'une nouvelle détermination, faite plus tard par la méthode télégraphique, indiqua une erreur d'à peine trois dixièmes de seconde.

Le Père Curley corrigea également les calculs faits pour la détermination du méridien de Washington ; les observations qu'il fit dans ce but ont été, plus d'un demi-siècle après, reconnues fort exactes par les astronomes officiels du gouvernement des États-Unis.

La révolution de 1848, en exilant les Jésuites italiens, fournit des assistants au Père Curley. Le célèbre Père de Vico, directeur de l'Observatoire du Collège Romain, et surnommé le Chasseur de comètes, passa quelques mois à Georgetown, mais revint mourir à Londres, à 43 ans à peine. Le Père Sestini, élève du Père de Vico, et qui avait publié déjà à Rome un mémoire sur les couleurs des étoiles, reprit à Georgetown ses observations. En 1850, il entreprit une étude suivie des taches du Soleil et la poursuivit journellement, pendant près de deux mois ; les magnifiques

dessins qu'il en fit furent lithographiés et publiés par le Naval Observatory. Le Père Sestini composa en outre une série d'ouvrages de mathématiques.

Le Père Secchi, chassé lui aussi d'Italie, où il était professeur de physique, à Lorette, alla passer quelque temps à l'Observatoire de Stonyhurst, puis vint à Georgetown. Il y resta un an et y composa un traité sur la mesure des résistances électriques, qui fut publié en 1852 dans les SMITHSONIAN CONTRIBUTIONS TO KNOWLEDGE; c'est le premier ouvrage sorti de son infatigable plume. — S'il ne coopéra pas directement aux travaux des Pères Curley et Sestini, on peut penser qu'il profita du moins de leur savoir, car en 1849 il était rappelé pour recevoir à Rome la succession du Père de Vico : la direction de l'Observatoire et la chaire d'astronomie à l'Université Grégorienne.

En 1852, le Père Curley, dans un volume de 215 pages in-quarto, intitulé ANNALS OF THE OBSERVATORY OF GEORGETOWN COLLEGE, résumait les travaux des dix années précédentes. Ce volume marquait la fin de la première étape de la vie de l'Observatoire. La guerre civile qui survint à cette époque, puis la reconstruction complète du Collège de Georgetown, firent oublier durant plusieurs années les travaux astronomiques. Le Père Curley exerça alors pendant dix ans les fonctions de *Socius* de trois Provinciaux, les Pères Brocard, Stonestreet et Villiger, et celles de Procureur de Province, qui lui prirent une grande partie de son temps.

En 1879, le Père cessait de professer la physique. Le Père Ryan, son successeur, prenait part, la même année, à une expédition scientifique organisée par le Père Sestini pour observer l'éclipse de Soleil du 29 juillet.

En 1889, le Collège de Georgetown célébrait de grandes fêtes à l'occasion du centenaire de sa fondation. Le Père Curley, qui y résidait depuis 58 ans, put prendre encore part à ces solennités, puis, comme s'il n'eût attendu que cela pour mourir, il s'éteignit doucement le 24 juillet, à

l'âge de 93 ans. Sa calme et longue vie, tout entière dévouée à l'étude et à l'enseignement de l'astronomie et de la physique, sciences auxquelles, vers la fin, il ajouta la botanique, a laissé dans l'esprit de tous ceux qui l'ont connu, une impression d'unité grandiose et de délicieuse harmonie.

Réorganisation. — Le Collège de Georgetown complètement reconstruit et agrandi, on s'occupa sans tarder de son important auxiliaire, l'Observatoire ; il avait jusqu'alors bien rempli son rôle d'observatoire de maison d'éducation ; on décida de le consacrer à de hautes recherches scientifiques. Dès 1888, le Père J. G. Hagen en fut nommé le second directeur. Sous sa direction, l'Observatoire fut remanié de fond en comble en 1889 et mis à la hauteur de son nouveau rôle. C'est aujourd'hui un observatoire astronomique de premier ordre.

Le Père Hagen s'est surtout consacré à des études de photométrie stellaire. Les nombreux travaux qu'il a publiés sur ce sujet, son grand Atlas des étoiles variables, un ouvrage désormais classique, témoignent de ses connaissances techniques et de sa remarquable activité. Nous en reparlerons bientôt en détail.

En 1890, le Père Fargis était nommé assistant du Père Hagen, et, depuis, s'employait à perfectionner le photochronographe ; la même année, le Père William Rigge, le directeur actuel de l'Observatoire de Creighton (Omaha), venait passer un an à Georgetown pour étudier les étoiles variables.

En 1891, le Père Hedrick est venu, à son tour, compléter le brillant personnel de l'Observatoire de Georgetown, et s'adonner tout entier, lui aussi, à l'observation des étoiles.

En 1893 enfin, le Père Algué, le savant directeur de l'Observatoire de Manille, venait, durant deux ans, apporter à Georgetown le concours de son esprit inventif et coopérer aux intéressants travaux qui s'y exécutent.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire de Georgetown, dans son état actuel, se compose d'un bâtiment central, à trois fenêtres de façade, et de deux ailes (Pl. I, fig. 1). Le bâtiment central a trois étages : le premier contient quatre pendules et les appareils électriques; le second renferme la bibliothèque, très complète; le troisième supporte la coupole et abrite un équatorial Fauth avec une lentille de 30 centimètres. Les deux ailes renferment, l'une un instrument des passages, de 11,25 centimètres, signé d'Ertel, l'autre une lunette photographique de transit, de 22,5 centimètres, due à Saegmüller. Une annexe située à l'est contient un télescope zénithal de 15 centimètres, servant à la photographie, et un petit dôme abrite l'équatorial de 12 centimètres qui se trouvait primitivement, du temps du Père J. Curley, sous la coupole centrale.

L'Observatoire possède un assez grand nombre d'autres instruments de moindre importance ; signalons un chronographe de Fauth, plusieurs horloges, dont une de Riefler, marchant dans une enceinte où l'on a fait un vide partiel. Le cercle méridien de Troughton et Simms avec lunette de 10 centimètres, qui servit de longues années dans l'aile orientale, a été échangé pour la lunette méridienne photographique.

Un fil relie l'Observatoire au Western Union Telegraph et lui permet de recevoir ainsi les signaux quotidiens du Naval Observatory.

Inventions et travaux. — Nous avons mentionné les travaux exécutés à Georgetown par les Pères Sestini et Curley sur les taches solaires. Les travaux faits depuis 1889 peuvent se ranger dans deux catégories : étude des

Fig. 1. — Observatoire de Georgetown.

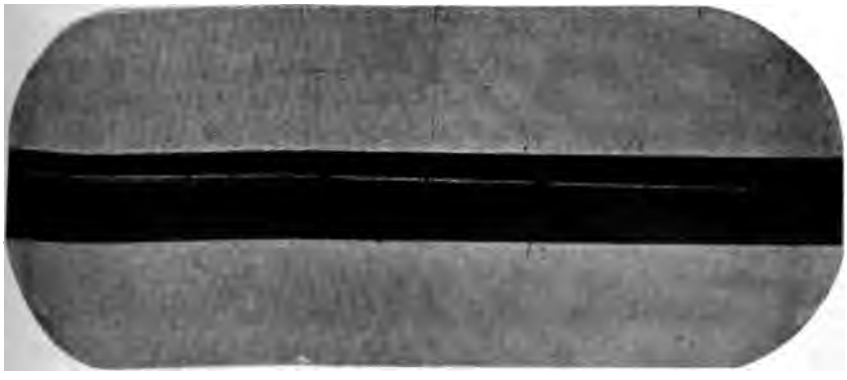


Fig. 2. — **Passage de Sirius**, photographié au moyen du photochronographe.

étoiles variables, applications de la photographie aux passages d'astres.

Sans être le créateur d'une branche nouvelle de l'astronomie, comme l'a été le Père Secchi, le Père Hagen a cependant le mérite d'avoir aiguillé dans un sens complètement nouveau l'étude des étoiles variables. A la suite de longues et patientes recherches, il a commencé, en 1899, la publication d'un *Atlas Stellarum variabilium*, qui vient combler une lacune souvent déplorée et donner aux observateurs une base solide et un point de départ sûr de leurs travaux. L'atlas se compose de 250 cartes ; il y a une carte pour chaque étoile, à moins que la position très rapprochée de deux ou trois d'entre elles ne permette de les grouper ensemble. L'étoile en observation occupe le centre de la carte ; tout autour un carré, dans une étendue d'un demi-degré, comprend toutes les étoiles jusqu'à la 13e grandeur, utilisables pour l'identification ou la comparaison des variations d'éclat de la première. Ces étoiles, termes de comparaison, sont portées sur la carte avec une rigoureuse exactitude. Un second carré, circonscrit au premier, et s'étendant sur un espace de un degré, donne les étoiles avoisinantes, dont les positions ont été copiées sur les cartes de Bonn.

L'*Atlas Stellarum variabilium* comprendra cinq séries.

Série I. Étoiles comprises entre les déclinaisons de 0° et de — 25° et qui, à leur minima d'éclat, deviennent plus faibles que la 10e grandeur (44 cartes).

Série II. Étoiles de même nature, comprises entre les parallèles de 0° et de + 25° (46 cartes).

Série III. Étoiles de même nature, comprises entre les parallèles de + 25° et + 90° (37 cartes).

Série IV. Étoiles comprises entre — 25° et + 90° et qui, à leur minima, ne deviennent pas plus faibles que la 10e grandeur (96 cartes).

Série V. Étoiles comprises entre les parallèles de — 25°

et + 90° et qui, à leur minima, sont plus brillantes que la 7e grandeur (17 cartes). — Sous presse.

Cet Atlas des Étoiles variables a déjà rendu de grands services : en mars 1900, par exemple, la carte du Père Hagen pour la *Nova Persei*, permit de contrôler et de discuter d'une façon fort précise les observations qui en furent faites.

Le Professeur E. C. Pickering, de l'Observatoire de Harvard College, s'intéressait tellement à la publication de cet ouvrage qu'il obtint de Miss Catherine Bruce, la grande bienfaitrice des astronomes, une riche mise de fonds, grâce à laquelle l'éditeur put se mettre à l'œuvre. Grâce également à ces deux amis de la science, le Père E. Gœtz sera bientôt en possession d'un équatorial de 30 centimètres, qui lui permettra de compléter à Buluwayo, dans la Rhodesia, au sud de l'Afrique, l'œuvre du Père Hagen, en dressant la carte des étoiles variables de l'hémisphère austral.

Parallèlement à cet Atlas, et en collaboration avec les Pères E. Gœtz et R. Martin, le Père Hagen a publié en 1903 les observations d'étoiles variables faites par Édouard Heis de 1840 à 1877, et par Adalbert Krüger de 1853 à 1892. S'attachant à les classer et à les calculer sous la forme et d'après les formules adoptées aujourd'hui, il les a rendues plus accessibles aux astronomes, dont il a mérité ainsi la vive reconnaissance.

Une seconde catégorie de travaux exécutés à l'Observatoire de Georgetown consiste dans la recherche de moyens propres à éliminer ce qu'en termes techniques on appelle « l'équation personnelle ». On sait que lorsqu'un astronome observe le passage d'une étoile devant le réticule d'une lunette et pointe l'heure de ce passage, il s'écoule un « temps perdu » appréciable entre l'observation et le pointage. Ce « temps perdu », qui constitue « l'équation personnelle » de l'astronome, varie d'un individu à l'autre, peut même varier d'un jour à l'autre pour

un même individu. On a donc intérêt à éliminer cette source d'erreur.

Deux Jésuites se sont attaqués à ce problème : le Père Charles Braun, ancien directeur de l'Observatoire Haynald, à Kalocsa — nous parlons de sa méthode dans la notice de cet Observatoire — et le Père Fargis, aidé des Pères Algué, Hedrick et Rigge, à Georgetown.

Une plaque photographique de sensibilité constante, sur laquelle l'étoile trace son image, est évidemment le meilleur enregistreur possible et réduit au minimum l'erreur et par suite la correction. D'ailleurs cette correction est toute mécanique, et peut être facilement déterminée. Les premières expériences faites dans ce sens sont dues au Professeur E. C. Pickering, en 1886. Elles furent reprises en 1889, à Georgetown même, par M. Bigelow et M. Saegmüller, aidés du Père Hagen. La même année, le Père Fargis arrivait à l'Observatoire et, peu à peu, inventait et perfectionnait le *Photochronographe*. Voici le principe de sa méthode.

On remplace le réticule par une lame de verre sur laquelle est gravé un trait coïncidant avec la méridienne de la lunette ; derrière ce réticule simplifié on met une plaque photographique. Les rayons provenant de l'étoile dont on va observer le passage devraient en donner une image sur la plaque ; ils sont interceptés par une mince et légère languette de métal, fixée à l'armature d'un électro-aimant. A chaque seconde, une horloge à contact électrique ouvre ou ferme le circuit, et déplaçant ainsi la languette pendant un dixième de seconde, laisse la plaque s'impressionner librement. De plus, à chaque minute, la languette, maintenue au repos pendant deux ou trois secondes, produit des interruptions d'image qui servent de repères. Le passage terminé, une lampe électrique, allumée devant l'objectif de la lunette, donne sur la plaque l'image de la ligne méridienne de l'instrument. On a ainsi sur cette plaque la trace de cette méridienne, une

série d'images de l'étoile séparées par un intervalle de neuf dixièmes de seconde, et, toutes les minutes, par un intervalle de deux ou trois secondes (Pl. I, fig. 2). On n'a plus qu'à mesurer au microscope les positions relatives des images et de la ligne méridienne, pour calculer immé-

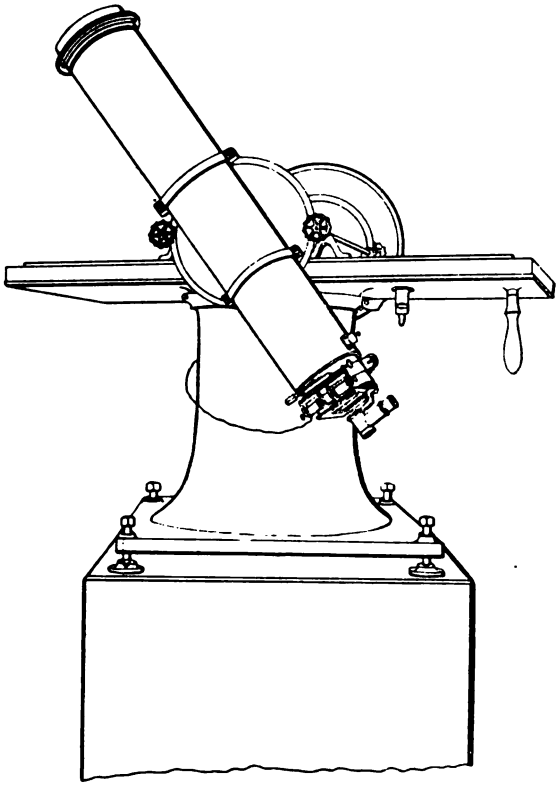


Fig. 3. — Floating Zenith Telescope.

diatement l'heure du passage de l'étoile dans le plan méridien de la lunette.

Cette application du photochronographe a réalisé tout ce qu'on en avait espéré. On peut s'en convaincre par la discussion complète des passages de 161 étoiles qu'a faite le Père Hedrick dans une brochure intitulée : *Photographic Transits of 161 Stars* (Washington, 1896).

Perfectionné, le photochronographe du Père Fargis a permis depuis la détermination exacte des latitudes. On l'a, dans ce but, utilisé à l'Observatoire de Georgetown, sous trois formes différentes.

La première forme, inventée en 1891, par le Père Fargis, consiste à adapter le photochronographe à une lunette zénithale flottant sur un bain de mercure (Floating Zenith Telescope fig. 3).

Dans la seconde forme (Reflecting Zenith Telescope fig. 4), due au Père J. Algué, directeur de l'Observatoire de Manille, qui la combina à Georgetown en 1893, deux lunettes sont montées bout à bout, de façon à ce que leurs deux objectifs soient aux deux extrémités opposées, et que leurs foyers coïncident. Au foyer commun se trouve une pellicule photographique. Les objectifs reçoivent respectivement les rayons émanés de deux étoiles situées de part et d'autre du zénith, l'un directement, l'autre après réflexion sur un bain de mercure, et forment de ces

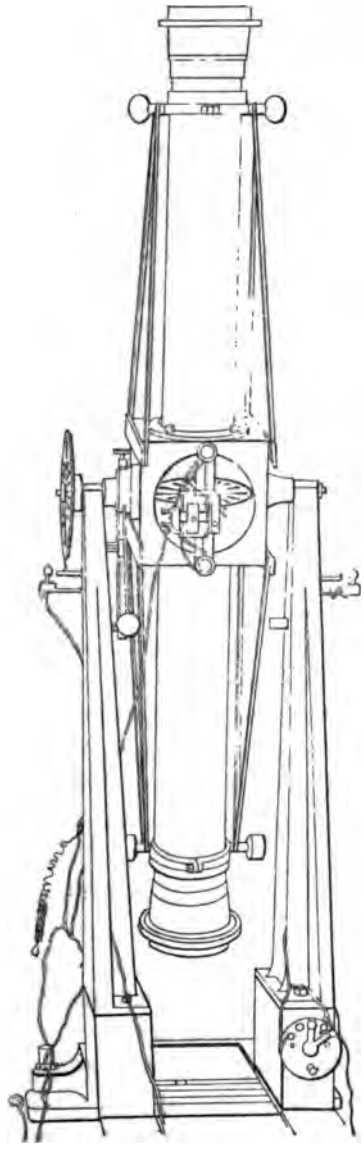


Fig. 4.— Reflecting Zenith Telescope.

deux étoiles des images sur la pellicule. Chaque seconde, l'arrivée des rayons est périodiquement interrompue au moyen d'un disque tournant à secteurs alternativement pleins et évidés. Les passages effectués, on détermine sur la pellicule les deux points où les traces des étoiles coupent le plan méridien du lieu : la somme des distances de ces points à l'axe de collimation de l'instrument donne la différence des distances zénithales des deux étoiles, et par suite la position du zénith.

Enfin, dans le troisième procédé (Photographic Zenith Telescope fig. 5), on utilise simplement une lunette zénithale ordinaire, dans laquelle une plaque sensible vient remplacer le micromètre oculaire employé habituellement. Avec cet instrument, le Père William Rigge a commencé en 1895 une série complète d'observations sur les variations de latitude des étoiles, série continuée depuis par le Père Hedrick.

Grâce à ces différentes inventions, on peut donc, à l'heure qu'il est, déterminer photographiquement longitudes et latitudes, et calculer les variations de ces dernières avec la plus complète précision, sans avoir à tenir compte de l'équation personnelle des observateurs ; toutes les observations sont, par suite, comparables.

Ajoutons que le photochronographe peut rendre également de grands services pour les mesures concernant les étoiles doubles et les planètes. A l'Observatoire de Georgetown, on l'a déjà, depuis plusieurs années, employé à cet usage.

Ces quelques lignes suffiront sans doute à montrer l'intérêt des recherches scientifiques exécutées à l'Observatoire de Georgetown.

Notons, en terminant, que l'on doit encore au Père Hagen un ouvrage en quatre volumes in-quarto intitulé : *Synopsis of Higher Mathematics*. « L'œuvre entreprise par le R. P. Hagen, écrivait le Professeur Gilbert, de l'Université de Louvain, dans un compte rendu du premier

volume de la *Synopsis*, est à la fois colossale dans le travail qu'elle réclame, d'une importance considérable par son utilité indiscutable, enfin véritablement neuve comme conception. » Cette savante encyclopédie a été analysée

Fig. 5. — Photographic Zenith Telescope.

dans cette REVUE : nous renvoyons le lecteur aux articles de MM. P. Mansion et J. Neuberg (1). Mentionnons aussi une œuvre bibliographique de premier ordre, due égale-

(1) REVUE DES QUEST. SCIENTIFIQUES, t. XXXII, p. 594 et t. XXXVII, p. 596.

ment au R. P. Hagen, l'*Index operum Leonardi Eulerii* (Berlin, F. L. Dames, 1896).

OBSERVATOIRE DE STONYHURST (1).

I

HISTORIQUE

Fondation. — Faire l'historique du Collège de Stonyhurst serait sortir complètement de notre sujet. Rappelons simplement qu'en 1592, afin d'éviter la persécution qui sévissait alors en Angleterre, les Jésuites anglais fondèrent un Collège à St-Omer. En 1762, la guerre, menée par le Parlement contre la Compagnie, les obligea à le transférer à Bruges. En 1773, date de la suppression par Clément XIV, Bruges fermait ses portes, mais, grâce au prince-évêque de Liége, Monseigneur Wellbruck, des Jésuites pouvaient continuer à mener entre eux dans cette ville la vie de communauté et à y diriger un collège florissant. Enfin, chassés par les armées de la Révolution en 1794, maîtres et élèves se transportèrent à Stonyhurst, dans le Lancashire, où Sir Thomas Weld, ancien élève de Bruges, leur offrait un antique domaine qui lui venait de la famille Shireburn (Pl. II, fig. 6).

Au travers de difficultés diverses, le nouvel établissement se développa d'abord assez lentement ; mais la période de 1830-1840 vint hâter sa prospérité. En 1838, se fondait l'Université de Londres avec examens et grades accessibles à tous : Stonyhurst, décidé à y présenter ses élèves, voulut se mettre à la hauteur de sa tâche. Entre

(1) Stonyhurst College Observatory, Blackburn, Angleterre.

autres améliorations, durant cette année 1838, un Observatoire s'éleva au milieu du jardin.

Cet Observatoire fut construit sur les dessins de M. Tuack, de Preston, d'après les données du Père Charles Irvine, maître scientifique du collège à cette époque. Les bâtiments consistent en une salle centrale octogonale, accolée de quatre ailes. La salle centrale, surmontée d'un dôme cylindrique, devait servir à installer un équatorial.

Le plus gros était fait ; mais il fallut attendre jusqu'en 1844 pour se procurer les instruments météorologiques essentiels, et c'est seulement en 1845 que l'équatorial de 12 cm., construit par Jones, fut mis en place.

Pourtant, dès 1842, nous trouvons le Père Henri Mac Cann nommé directeur de l'Observatoire, et il occupe ce poste ou, du moins, garde ce titre pendant deux ans, car on ne saisit pas bien en quoi pouvaient consister ses fonctions.

En 1844 et 1845, nul ne lui succède, mais en 1846, le Père Joseph Howell est envoyé comme directeur et reste à la tête de l'Observatoire jusqu'en 1851. Les Pères Adam Laing-Meason, Georges Porter et Alfred Weld l'aident dans ses travaux.

En 1848, Stonyhurst reçoit des hôtes illustres déjà ou destinés à le devenir bientôt : les Pères Secchi et de Vico, chassés d'Italie par la révolution, et dont nous aurons l'occasion de parler longuement ailleurs.

En 1851, le Père James Clare succède au Père Howell. Il est remplacé lui-même en 1856 par le Père Weld, sortant de théologie. Ce dernier se met à l'œuvre avec ardeur et donne à l'Observatoire d'importants développements. En 1858, à la suite d'une visite que fait à Stonyhurst le général Sir Edouard Sabine, membre de la Société Royale de Londres, le Père Weld reçoit des instruments pour la mesure des éléments magnétiques

terrestres, et inaugure la série, dès lors ininterrompue, des observations magnétiques (Pl. II, fig. 7).

Le Père Weld quitta Stonyhurst en 1860 ; il fut remplacé d'abord par le Père Stephen-Joseph Perry pendant deux ans, puis par le Père Jean Moore, auquel succéda le Père Walter Sidgreaves.

C'est au Père Sidgreaves que l'on doit le premier Bulletin d'observations magnétiques de Stonyhurst. Le général Sabine voulut bien se charger de le présenter à la Société Royale de Londres et en profita pour demander qu'une avance de fonds permît à l'Observatoire de faire des observations continues. La requête fut favorablement accueillie et bientôt Stonyhurst put installer des enregistreurs magnétiques. A peu près à la même époque, et également sur les instances du général Sabine, le « Board of Trade » choisissait Stonyhurst pour être l'une des sept stations météorologiques de 1e classe, et tous les enregistreurs météorologiques usités dans ce but y étaient installés. D'autre part, le Collège de Stonyhurst lui-même, jaloux de mettre la section astronomique de l'Observatoire à la hauteur des autres, fit l'acquisition d'un nouveau télescope de 20 centimètres d'ouverture, construit par Carey pour un amateur, M. Peters, et dont celui-ci ne s'était pas servi. Consulté sur sa valeur, Sir George Airy, Astronome Royal, déclara que la monture métallique était excellente, et que, l'objectif seul laissant à désirer, il serait facile, en le changeant, d'avoir un télescope de premier ordre.

Les améliorations se succédaient donc à l'Observatoire de Stonyhurst. Mais plusieurs étaient incompatibles avec son organisation d'alors. Ainsi la monture de fer du télescope nouvellement acquis ne pouvait guère voisiner avec les instruments magnétiques. On se résolut donc à des agrandissements considérables.

Organisation. — Une nouvelle construction avec dôme métallique fut élevée dans le parc, consacrée à l'astro-

FIG. 6. — LE COLLÈGE DE STONYHURST, VU DE L'OBSERVATOIRE.

FIG. 7. — OBSERVATOIRE DE STONYHURST. PAVILLON MÉTÉOROLOGIQUE.

FIG. 8. — OBSERVATOIRE DE STONYHURST, VU DU COLLÈGE.

nomie, et le télescope y fut installé par M. Beck en 1867 (Pl. II, fig. 8). L'ancien observatoire fut attribué tout entier à la météorologie. Enfin une salle souterraine, creusée à côté, devint la salle des observations magnétiques.

Complètement équipé, l'Observatoire de Stonyhurst ne cessera plus de fonctionner régulièrement. Pendant plusieurs années il continua à être subventionné en qualité de station officielle du « Board of Trade ». Puis, le nombre des stations ayant été diminué, la subvention fut supprimée, et le collège prit toutes les dépenses à sa charge.

En 1868, le Père Perry reprenait la direction : il la gardera jusqu'à sa mort. Nous parlerons plus loin de ses travaux ; disons ici un mot de l'homme et de sa vie (fig. 9).

Né à Londres le 26 août 1838, Stephen-Joseph Perry fit ses études au Collège des Bénédictins de Douai où il passa sept ans. Ses dispositions pour les sciences l'y firent remarquer. Il se destinait à la prêtrise et alla commencer à Rome, au Collège Anglais, ses études de philosophie. La lecture de la vie de saint Ignace de Loyola décida de sa vocation, et, le 14 novembre 1853, il entrait au noviciat de la Compagnie de Jésus à Hodder, près de Stonyhurst. Ses études de rhétorique et de philosophie le conduisirent ensuite à St-Acheul, près d'Amiens, et à Stonyhurst. Puis ses supérieurs l'envoyèrent en 1858 à Londres et en 1859 à Paris, pour se perfectionner dans les différentes branches des sciences. Dans cette dernière ville, il eut le bonheur d'avoir pour maîtres Bertrand, Delaunay, Cauchy.

En 1860, nous retrouvons le Père Perry à Stonyhurst, professeur de physique et de mathématiques au collège et en même temps directeur de l'Observatoire. Il y reste trois ans, puis va à St-Beuno's faire sa théologie. Ordonné prêtre le 23 septembre 1866, il fait à Laon la troisième

année de probation que la Compagnie de Jésus impose à tous ses enfants, et revient à Stonyhurst prendre la direction de l'Observatoire.

Religieux d'une vertu à toute épreuve, d'une douceur et d'une égalité de caractère proverbiales, le Père Perry

Fig. 9. — Le Père Stephen Perry.

fut encore un travailleur acharné. Dès l'été de 1868, à peine installé directeur de l'Observatoire, il entreprenait, avec le Père Sidgreaves, un voyage d'exploration magnétique dans l'ouest de la France. En 1869, il faisait la même chose dans l'est. En 1871, en compagnie du Frère Carlisle,

il explorait de même la Belgique. En 1870, il avait été envoyé à Cadix, en mission officielle, pour observer une éclipse totale de Soleil. En 1874, il fait partie de l'expédition anglaise chargée d'aller observer, dans l'île de Kerguelen, au sud de l'Afrique, le passage de Vénus sur le Soleil. Il y occupe ses loisirs à faire des observations météorologiques et magnétiques. En 1882, il est de nouveau envoyé par le gouvernement anglais à Madagascar avec le Père Sidgreaves, pour observer un second passage de Vénus. En 1886, il va observer une éclipse de Soleil à Carriacou, dans les Petites Antilles; en 1887, une seconde éclipse à Pogost, sur le Volga; et en 1889, une troisième dans la Guyane, à l'île insalubre, assez dérisoirement nommée « Ile du Salut ». Il contracta dans cette dernière station une dysenterie pernicieuse dont il mourut en mer, le 27 décembre 1889, en face des côtes de la Guyane française. Il fut enterré à Demerara.

Sous la direction du Père Perry, l'Observatoire de Stonyhurst, dont il s'occupait activement malgré ses nombreuses absences, fit des progrès considérables. Les travaux en furent surtout orientés du côté de l'étude des taches solaires. Des observations quotidiennes de la chromosphère, de nombreux dessins des taches fournirent de précieux documents sur leur forme et leur mouvement de rotation. L'étude du spectre solaire, mise en honneur, comme l'on sait, par le Père Secchi, fut aussi activement poussée.

Le passage du Père Perry à l'Observatoire marque une étape notable en avant.

Le retour du Père Sidgreaves au poste de Directeur, en 1889, et ses travaux si appréciés sur les spectres stellaires, en marquent une autre non moins remarquable, dont nous allons reparler en détail.

En 1890, un grand « meeting » se réunissait à Londres pour célébrer la mémoire du Père Perry. Sur la proposition de Mgr Vaughan, évêque de Salford, depuis

cardinal-archevêque de Westminster, on décidait d'offrir à l'Observatoire de Stonyhurst, en souvenir de ce mort illustre, un objectif de premier ordre, destiné à compléter le grand télescope acheté en 1867. L'objectif, construit par Sir Howard Grubb, de Dublin, fut monté et mis en place en 1893 ; il a permis de faire depuis des photographies admirables. La lentille, de 38 centimètres d'ouverture, n'a pas coûté moins de 650 livres (16 250 fr.).

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — Les bâtiments de l'Observatoire de Stonyhurst sont situés dans le jardin qui se trouve au sud-est du collège ; ils comportent trois parties principales : un pavillon météorologique, un pavillon astronomique et une salle magnétique souterraine.

Le pavillon météorologique, on l'a vu plus haut, n'est autre que l'observatoire primitif. Il se compose d'une salle centrale éclairée par quatre fenêtres et par un vitrage cylindrique surmontant le toit. Le toit qui couvre ce vitrage supporte girouette et anémomètres. Quatre ailes en croix sont accolées à la salle centrale ; l'une soutient l'abri des thermomètres ; deux autres portent des fenêtres longues spéciales, permettant des observations à la lunette méridienne. La salle centrale contient les instruments météorologiques ordinaires. Une pelouse s'étend tout autour du pavillon ; on y a ménagé des espaces appropriés pour les abris contenant les instruments, et pour différents piliers de maçonnerie servant aux observations avec visées. Parmi les instruments, signalons spécialement un barographe et un thermographe à enregistrement photographique, automatiquement effectué par un rayon

Fig. 10. — Observatoire de Stonyhurst. Equatorial.

lumineux rasant la surface de la colonne de mercure, et un pluviomètre à déversement automatique.

La pelouse qui entoure le pavillon météorologique s'incline en talus du côté opposé au collège; ce talus, coupé en son milieu, donne accès à la salle souterraine des instruments magnétiques. Un magnétographe complet en occupe le centre et enregistre, d'une façon continue, les variations de la déclinaison, de l'inclinaison et de l'intensité. Une cabane contient un peu plus loin les instruments qui, tous les mois, servent à faire des mesures de valeurs absolues. L'un d'eux, une boussole d'inclinaison de Barrow, vient récemment de passer au nombre des reliques de l'Observatoire; cette boussole servait aux mesures mensuelles depuis 1863 ; c'est elle qui servit au Père Perry dans ses voyages d'exploration magnétique en France, en Belgique, et dans ses expéditions lointaines de 1874 et de 1882. Elle a été remplacée par une boussole de Dover, offerte à l'Observatoire par la Société Royale de Londres.

Plus bas, à l'angle sud-est du jardin, s'élève le pavillon astronomique : construction massive, surmontée d'un dôme (Pl. II, fig. 8). C'est là qu'est installé le grand équatorial dont nous avons parlé plus haut (Pl. III, fig. 10). L'instrument primitif a été modifié : au tube solide porté par l'axe de déclinaison ont été adaptés un nouvel oculaire et un nouveau tube objectif beaucoup plus large que l'ancien, et qui contient la belle lentille de 38 centimètres, offerte en mémoire du Père Perry. L'adaptation de cette lourde pièce n'était point des plus faciles : elle a été réussie d'une façon fort satisfaisante, comme en témoignent les beaux résultats obtenus depuis par le Père Sidgreaves.

En 1903, les instruments astronomiques dont s'était servi M. le Colonel Cross à son observatoire de Redscar, furent offerts par son fils à Stonyhurst. Une lunette de 10 centimètres avec prisme photographique, provenant

de ce don, fut montée sur un pied équatorial, construit primitivement pour un télescope de Newton. Elle sert aux observations spectrales.

Le reste de l'équipement astronomique comprend : une lunette de 12,5 centimètres par Clarke, un altazimuth de 24 centimètres par Cassegrain, un télescope Newton de 18 centimètres, deux lunettes méridiennes, deux horloges sidérales, un chronomètre, un héliostat, deux spectroscopes à vision directe, l'un de Browning, l'autre de Hilger (Pl. IV, fig. 11), un grand spectroscope à quatre prismes de Troughton et Simms, un spectroscope Browning à six prismes, un prisme circulaire de 10 centimètres, et un spectroscope photographique de Hilger avec réseau Rowland. Le réseau a 8 centimètres de long et ne contient pas moins de 50 000 traits ; il a été gravé en 1887 à Baltimore, à la *John Hopkins University*.

Inventions et travaux. — Ce qui précède montre quels sont les points sur lesquels portent spécialement les travaux des observateurs de Stonyhurst : magnétisme et astrophysique. — Nous ne dirons rien de spécial des observations météorologiques qui sont consignées, depuis 1860, dans un bulletin annuel.

Les premières observations magnétiques faites à Stonyhurst datent de 1858. Le Père Weld fit à cette époque la détermination des éléments magnétiques absolus. Les observations mensuelles de déclinaison, inclinaison et intensité commencèrent en 1863 sous le Père Sidgreaves : ces observations n'étaient point, à beaucoup près, à cette époque, aussi répandues qu'elles le sont aujourd'hui, et Stonyhurst faisait preuve d'une forte avance sur bien d'autres observatoires. Peu de temps après, des enregistreurs magnétiques permettaient d'avoir des observations continues. Leurs indications, précieuses par leur continuité même, permirent, dès 1883, au Père Perry, de faire ressortir, dans différents mémoires, les liens qui existaient entre les troubles magnétiques et plusieurs

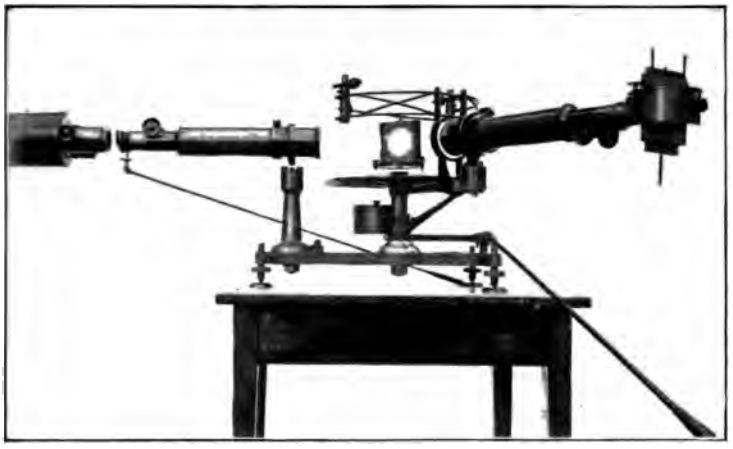


FIG. 11. — SPECTROSCOPE HILGER AVEC RÉSEAU ROWLAND, EMPLOYÉS A L'OBSERVATOIRE DE STONYHURST.

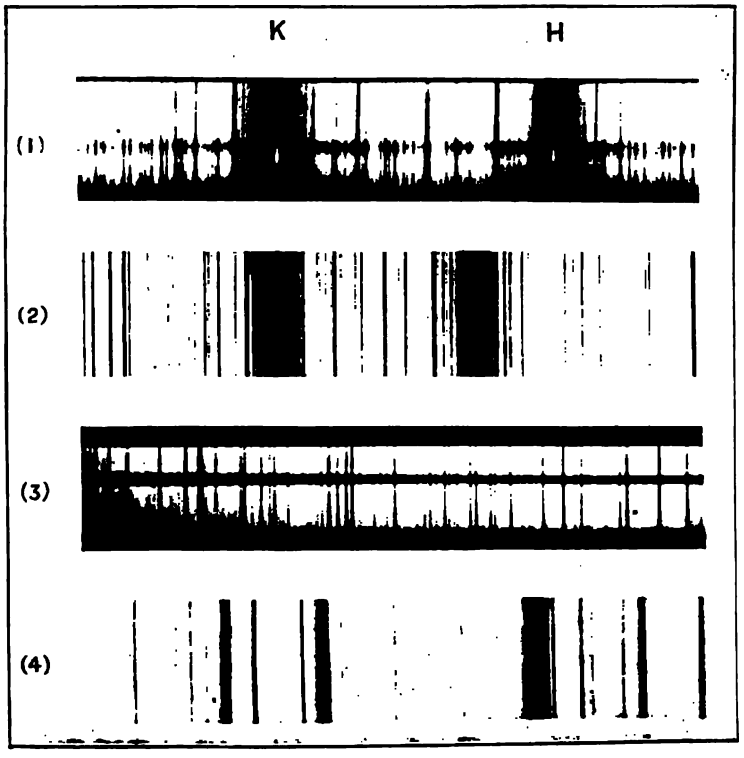


FIG. 12. — PORTIONS DU SPECTRE SOLAIRE OBTENUES AU MOYEN D'UN RÉSEAU ROWLAND, A L'OBSERVATOIRE DE STONYHURST.

UNIV. OF MICH.

catégories de phénomènes : maxima d'activité solaire, rendus apparents par le nombre et l'étendue des taches du disque, tremblements de terre, aurores boréales, éruptions de volcans, variations de la quantité de pluie. Si les liens de causalité de ces phénomènes n'étaient pas complètement élucidés — ils ne le sont pas encore — du moins les documents et les moyennes discutés par le Père Perry offraient de précieuses indications. Ces documents et ces moyennes mettaient d'ailleurs en évidence les variations magnétiques séculaires, annuelles et quotidiennes, si importantes pour la correction des calculs d'observations ; on les a bien souvent utilisés.

Une autre gloire de Stonyhurst, ce sont les voyages d'exploration magnétique faits par les Pères Perry et Sidgreaves. Bien que l'on connaisse depuis assez longtemps la direction générale des lignes isodynamiques, isogones et isoclines à la surface de la terre, leurs fréquentes anomalies exigent une étude longue et minutieuse, et nécessitent une série de déterminations en des stations aussi rapprochées que possible, permettant d'enserrer le globe dans un réseau à mailles étroites. Ce travail, qui se complète de jour en jour, n'en était qu'à ses débuts en 1868.

Durant l'été de cette année, profitant du temps que lui laissaient les vacances, le Père Perry, en compagnie du Père Sidgreaves, vint explorer l'ouest de la France. Les stations furent Paris, Laval, Brest, Vannes, Angers, Poitiers, Bordeaux, Abbadie, Loyola, Bayonne, Pau, Toulouse, Périgueux, Bourges, Amiens. Les résultats des observations, comparés à ceux obtenus par le Dr Lamont dix ans auparavant, permirent de donner une valeur de la variation séculaire. Une carte magnétique approximative put être dressée.

L'année suivante, les deux Pères exploraient l'est de la France en 21 stations : Paris, Reims, Metz, Strasbourg, Issenheim, Dôle, Mont-Roland, Dijon, Lyon, Avignon, Marseille, Monaco, Montpellier, Grenoble, N.-D. de

Myans (près Chambéry), Villefranche, St-Étienne, Clermont, Moulins, Douai, Boulogne.

En 1871, le Père Perry repartait pour la Belgique en compagnie du Frère W. Carlisle, assistant à l'Observatoire de Stonyhurst. Il fit des observations en 20 stations. Les résultats obtenus corrigèrent à peu près totalement les chiffres publiés auparavant par le Dr Lamont, et permirent de rétablir la direction vraie des lignes magnétiques dans ce pays.

Le Père Perry profita également de ses différentes missions scientifiques pour mesurer les valeurs magnétiques au Cap, à Bombay, Aden, Port-Saïd, Malte, Palerme, Rome, Naples, Florence, au Canada, etc... Il a publié sur le magnétisme, dans diverses revues ou feuilles savantes, des articles appréciés.

Les travaux d'astrophysique, exécutés à l'Observatoire de Stonyhurst, comprennent des recherches sur la photosphère et la chromosphère du Soleil et sur la spectroscopie stellaire.

Bien que la curiosité scientifique du Père Perry l'ait poussé à explorer un peu dans tous les sens les richesses du monde céleste, et que son esprit fécond ait su mettre au jour des travaux variés sur les comètes, les satellites de Jupiter, les passages de Vénus, différentes éclipses, sur de nouvelles étoiles de la constellation d'Andromède, c'est surtout à la physique solaire qu'il consacra ses soins et son temps. A lui et à ses assistants, il avait donné comme programme de suivre pas à pas le Soleil dans toutes les phases de sa vie mouvementée. Protubérances, taches, facules, leur forme, leur mouvement, devaient être étudiées en détail. Elles le furent dès 1880. On ne s'adressa pourtant pas à la photographie pour les représenter, mais bien au dessin. Cela n'alla pas au début sans quelques difficultés : on arrivait bien à tracer une esquisse du bord des parties les plus brillantes, mais quand il s'agissait des détails, à l'intérieur des taches, c'était autre

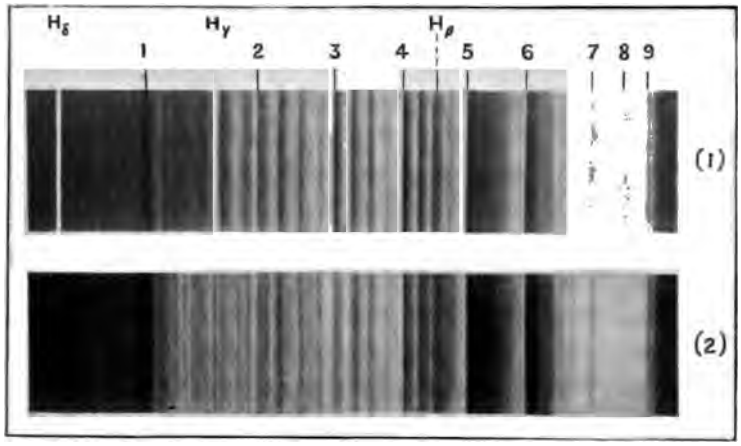


FIG. 13. — SPECTRES DE O DE LA BALEINE ET DE α D'HERCULE, PHOTOGRAPHIÉS A L'OBSERVATOIRE DE STONYHURST.

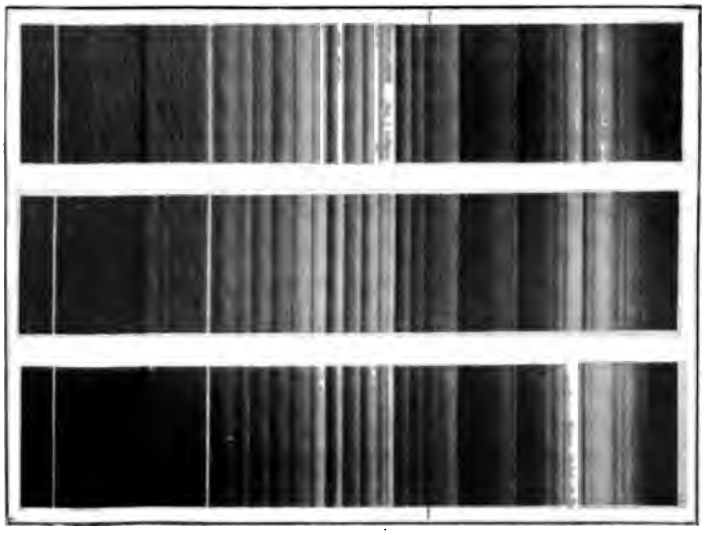


FIG. 14. — SPECTRES DE O DE LA BALEINE OBTENUS LES 29 NOVEMBRE, 11 ET 19 DÉCEMBRE 1897 A L'OBSERVATOIRE DE STONYHURST ET MONTRANT L'INVERSION DES RADIATIONS BLEUES ET JAUNES.

On sait l'utilité de ces études spectrales. A des billions de kilomètres de distance, elles révèlent bien des secrets de la vie des astres ; la nature et la position des lignes du spectre font connaître la nature des matières incandescentes de l'étoile ; l'éclat des raies indique une masse portée à une haute température ; puis les raies d'absorption deviennent de plus en plus nombreuses : la masse incandescente s'est vaporisée ; enfin de larges bandes apparaissent, mêlées à des raies d'absorption : la masse a passé à l'état gazeux et s'est dissociée. On connaît d'ailleurs, au moins de nom, ces étoiles nouvelles, la Nova Persei, la Nova Aurigæ, qui, dans ces dernières années, ont occupé si vivement les astronomes. En un point du ciel où nulle étoile ne brillait, tout à coup un point lumineux apparaît, rapidement il prend de l'éclat, puis lentement s'éteint et disparaît, pour toujours quelquefois, parfois pour reprendre, quelque temps après, un regain de vie et d'éclat. C'est quelque astre obscur et glacé, qui, subitement arrêté dans sa course, par un choc sans doute, ou échauffé par un passage trop rapproché d'un autre astre, ou par une course trop rapide à travers une région semée de matière cosmique, est rapidement porté à l'état incandescent et repasse par toute une série de convulsions.

Les deux « Nova » que nous venons de nommer ont été étudiées d'une façon très complète par le Père Sidgreaves (Pl. VII, fig. 16 et 17). Il a fait de plus une monographie spectrale de β de la Lyre, enrichie d'une collection de photographies d'un grand intérêt.

Pour ces observations, le Père Sidgreaves se sert tantôt du spectrographe Hilger à réseau Rowland, installé, avec un héliostat, dans une des salles du pavillon météorologique, tantôt concurremment du polyprisme de Hilger monté sur l'équatorial Perry, pour les régions bleue et jaune du spectre, et d'un prisme de 22°5 de Thorp, monté sur l'équatorial Cross de 10 centimètres, pour les régions violette et ultra-violette. Une méthode à lui consiste

chose. Pourtant, au bout de quelque temps, l'expérience apprit au dessinateur, le Frère W. M'Keon, le curieux effet produit par le mouvement sur une image floue : en projetant sur un papier blanc l'image à dessiner et en remuant légèrement le papier, l'image acquiert plus de netteté, les détails se tranchent ; la ligne de partage des facules et de la photosphère devenait de cette façon très visible et pouvait être exactement représentée. Cette méthode, depuis lors, n'a pas cessé d'être employée à Stonyhurst. Grâce à elle, grâce aussi à un perfectionnement, suggéré en 1883 par Sir G. Stokes, et qui consiste à représenter les facules en rouge, couleur très parlante à l'œil, l'Observatoire fut, au bout de quelques années, en possession d'une précieuse collection. Ces dessins ont été utilisés, à diverses reprises, par le Père Perry et le Père Sidgreaves, pour des rapports et des communications aux sociétés savantes. L'année même de sa mort, le Père Perry songeait à mettre en parallèle, dans une même publication, l'ensemble de ses observations magnétiques et solaires, afin de faire ressortir leur étroite connexion. Le Père Sidgreaves fit ce travail dix ans plus tard ; appuyé sur les chiffres recueillis durant dix-sept années, il crut pouvoir conclure que le lien était certain entre les maxima de taches solaires et les grandes perturbations magnétiques, mais que ces deux ordres de phénomènes, sans s'influencer l'un l'autre, obéissaient dans leurs variations à une cause commune, à une même source d'énergie.

Sans négliger l'observation des taches solaires, comme on vient de le voir, le Père Sidgreaves, successeur du Père Perry, s'est plus spécialement dévoué à la spectroscopie (Pl. IV, fig. 12). Il a étudié les spectres de différentes parties de la surface solaire, des taches et des facules, et il en a obtenu des photographies remarquables. Mais ce sont surtout les spectres des étoiles qui lui ont permis de faire les communications les plus intéressantes (Pl. V, fig. 13 et 14; Pl. VI, fig. 15).

à ne pas employer de fente, mais à faire suivre à l'étoile une direction parallèle aux arêtes réfringentes du prisme : la pose est plus courte et les résultats excellents.

Conclusion. — Si l'Observatoire de Stonyhurst n'a point eu l'existence mouvementée de quelques-uns de ses frères, il a su du moins profiter de la paix pour s'élever en peu d'années à la hauteur des espérances qu'on en avait conçues : c'est aujourd'hui l'un des meilleurs centres scientifiques de la Compagnie de Jésus, et de l'Angleterre, pourrions-nous ajouter. Les travaux qu'on y exécute, au double point de vue magnétique et astrophysique, sont de ceux qui ne sont pas oubliés.

Si cette célébrité tient en grande partie à des hommes éminents comme les Pères Perry et Sidgreaves, honorés plusieurs fois de la confiance du gouvernement anglais, membres de la Société Royale astronomique de Londres et de plusieurs autres sociétés savantes, nous n'aurons garde d'oublier qu'elle est due aussi aux labeurs de chercheurs plus modestes, comme le Père A. L. Cortie, depuis près de quinze ans assistant à l'Observatoire, et auteur, lui aussi, d'intéressantes communications (1).

Pourtant, au Père Cortie, comme au Père Sidgreaves, au Père Perry et à plusieurs de leurs prédécesseurs, les loisirs furent parcimonieusement mesurés : tous durent cumuler leur charge de directeur ou d'assistant avec celle de professeur de physique au Collège, avec d'autres encore, non moins absorbantes.

Enfin, et ce n'est pas une des moindres gloires de l'Observatoire dont nous venons d'esquisser la vie, Stonyhurst a initié aux études scientifiques des hommes dont

(1) Le Père Cortie, à la tête d'une mission anglaise, observait l'éclipse de soleil du 30 août 1905, à Vinaroz, sur la côte est de l'Espagne. Six belles photographies de la couronne, donnant une image du soleil de 53 millimètres de diamètre, ont été obtenues à l'aide d'une lunette de 5 mètres de distance focale, munie d'une lentille de 10 centimètres, instrument appartenant à l'Académie royale d'Irlande.

La mission a, en outre, pris des photographies du spectre de la couronne.

les uns sont célèbres, comme le Père Secchi, et dont les autres, les Pères Algué, Dechevrens, Cirera, Müller, Gangoiti, de Beaurepaire, Goëtz, etc., etc., bien connus dans le monde scientifique, seront nommés dans ces pages.

OBSERVATOIRE DE BELEN (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — En 1854, les Pères de la Compagnie de Jésus fondaient à la Havane le Collège Royal de Belen. Quatre ans ne s'étaient pas encore écoulés que déjà ils songeaient à compléter leur œuvre par la création d'un observatoire.

On sait combien terribles sont les cyclones qui viennent périodiquement dévaster les Antilles et causer dans les mers si fréquentées de cette région de nombreux naufrages. Les prévoir à échéance aussi longue que possible, deviner leur direction probable, les signaler sur tout leur parcours, c'était là une tâche qui, pour être difficile, valait au moins qu'on tentât de la mener à bien ; et si, sur la surface du globe, un observatoire valait la peine d'être établi, c'était sans nul doute à la Havane.

A cette époque, d'ailleurs, la science météorologique s'organisait de plus en plus, les méthodes se perfectionnaient ; elle était, dès lors, en mesure de rendre les services en vue desquels on l'avait créée.

Vers la fin de 1857, le Collège de Belen commença donc la construction d'un observatoire météorologique ; en

(1) Observatorio del Colegio de Belen, Habana, Cuba.

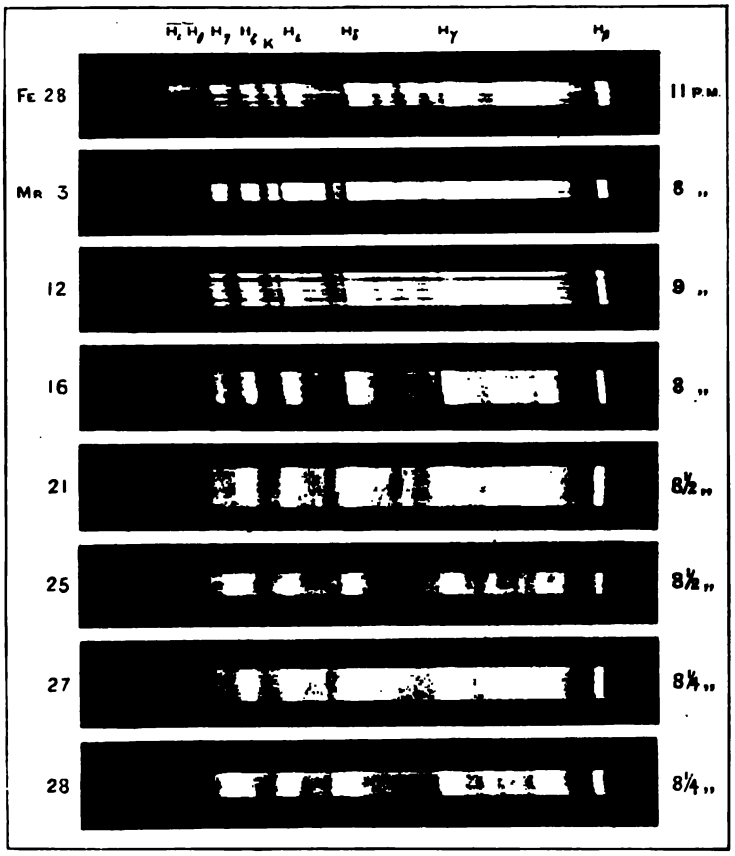


Fig. 16. — Spectres divers de la Nova Persei obtenus a l'Observatoire de Stonyhurst.

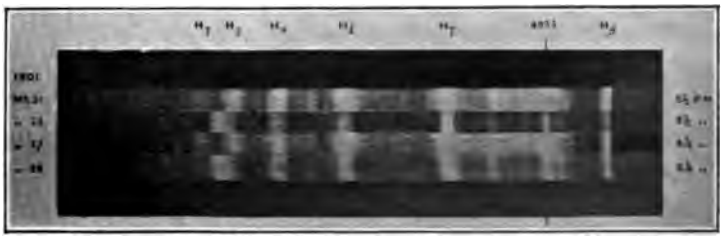


Fig. 17. — Alternatives de variations dans le spectre de la Nova Persei.

1858 il était achevé et, en mars de cette année, on y commençait des observations régulières. Le premier Directeur fut le Père Antoine Cabré (1829-1883), alors professeur de physique et de mathématiques.

Un des buts de la nouvelle création était évidemment de compléter l'enseignement scientifique donné aux élèves, en les familiarisant avec les instruments météorologiques ; la première publication de l'Observatoire, en 1859, se présente pourtant déjà comme une étude très complète et raisonnée des éléments climatologiques de la Havane, et, dès le début, s'amassèrent, grâce à des prodiges de travail, les données précieuses si bien utilisées dans la suite.

En 1860, le Père Cabré regagnait l'Espagne ; le Père François Butiña lui succéda, remplacé lui-même en 1862 par le Père Félix Ciampi. Durant cette année l'Observatoire s'enrichissait d'instruments magnétiques : déclinomètre, magnétomètre bifilaire et magnétomètre à balance, qui furent aussitôt mis en place.

En 1863, le Père Ciampi était rappelé en Italie. Durant un an, les Pères Butiña et Reynal pourvurent à ce que les observations ne fussent pas interrompues ; de 1864 à 1867, le Père Joseph Reynal prit la direction, remplacé de 1867 à 1868 par le Père François Pons, et en 1869 par le Père José-Maria Velez. Durant ces années l'Observatoire connut des jours critiques : accablés de besogne dans les nombreuses charges qu'ils remplissaient au Collège, alors très pauvre de personnel, ces Pères durent faire souvent des prodiges d'activité et de dévouement pour mener à bien ce surcroît de besogne, dépouiller et classer les observations, et les publier dans des résumés mensuels et des bulletins annuels que l'on réclamait à grands cris.

En 1870 enfin, le Père Benoît Viñes prenait la direction de l'Observatoire de Belen ; il la devait garder durant vingt-trois ans.

Né à Poboleda (Tarragone) le 19 septembre 1837, entré dans la Compagnie de Jésus en 1856, le Père Viñes

montra toujours des dispositions remarquables pour les sciences exactes; durant sept ans il enseigna la physique, la chimie et les mathématiques supérieures au Séminaire de Salamanque. Tout le reste de sa vie se passa à la Havane. Homme d'une application inouïe au travail et d'une énergie peu commune à poursuivre une idée, il a fait preuve d'une pénétration profonde en résolvant le problème si complexe de la formation et de la marche des cyclones des Antilles.

Dès son arrivée à Cuba, le Père Viñes se préoccupa de classer les données de ce problème ; les observations des douze années précédentes, soigneusement revues par lui et comparées entre elles, lui permirent de sérieuses études préliminaires. En même temps, il accrut la précision et l'exactitude des observations faites sous ses ordres, afin de déterminer les moindres particularités météorologiques. C'est dans ce but que, en 1873, il faisait l'acquisition d'un météorographe Secchi, cette merveille tant admirée à l'Exposition de 1867 à Paris, et qui avait valu à son inventeur les plus hautes récompenses.

Au bout de cinq années d'un labeur assidu, le Père Viñes possédait la plupart des éléments de la question des cyclones ; toujours poursuivi de la pensée de sauver des vies humaines et d'éviter à l'île de Cuba d'irréparables désastres, il s'était déjà avancé plusieurs fois à annoncer l'approche probable du fléau ; en 1875 et 1876, il pronostiquait enfin officiellement et faisait connaître aux intéressés, coup sur coup, l'arrivée et la trajectoire de trois cyclones. Ses avis furent écoutés ; le vapeur *Liberty*, qui crut pouvoir passer outre aux avertissements donnés, se perdit corps et biens.

En 1876, le Père Viñes envoyait à l'Exposition de Philadelphie la collection des publications de l'Observatoire de Belen ; elles furent récompensées d'un diplôme d'honneur.

En 1877, le Père entreprit, sous les auspices de l'Aca-

démie des Sciences de la Havane, deux voyages d'exploration scientifique à travers les îles de Cuba et de Porto-Rico. Il s'était donné pour mission d'étudier les cyclones sur le théâtre même de leur action, d'interroger les traces de leur passage et de recueillir, de la bouche de témoins autorisés, des détails nombreux et circonstanciés sur la naissance, la marche et les effets de ces météores. Cette mission, on le savait, avait un but d'utilité commune ; on savait également qu'elle était confiée à un homme capable de la mener à bonne fin ; aussi le Père Viñes fut-il accueilli partout avec la bienveillance la plus cordiale ; tous mirent à son service leurs ressources et leur influence. A son retour, il fit, devant ses collègues de l'Académie, l'histoire de ces deux voyages, avec l'exposé et la discussion des faits observés et des documents rassemblés. Le tout fut publié en un volume : *Apuntes relativos a los huracanes de las Antillas en setiembre y octubre de 1875 y 1876*, que nous aurons à analyser plus loin.

La même année, l'Observatoire de Belen était associé au service d'informations météorologiques internationales, décidé en 1873 au Congrès de Vienne, et qui, jusqu'en 1887, publia une remarquable collection de cartes météorologiques internationales, enlaçant dans un vaste réseau tout l'hémisphère boréal.

L'année suivante (1878), l'Observatoire recevait un diplôme et une médaille à l'Exposition de Paris.

En 1880, le Père Viñes, à l'occasion des tremblements de terre qui s'étaient fait sentir dans la partie ouest de Cuba les 22 et 23 janvier, faisait dans cette région, en compagnie d'un ingénieur-inspecteur des mines, un voyage d'exploration géologique et volcanique, qui lui fournit l'occasion d'un intéressant mémoire.

En 1882, désireux de se mettre au courant des derniers progrès de la science et d'étudier sur place les perfectionnements apportés aux instruments et aux observations, le Père Viñes partait pour l'Europe. Il visita successivement

les observatoires les mieux installés d'Espagne, de France, de Belgique, d'Angleterre. A Stonyhurst, il profita avec plaisir des conseils et de l'expérience du célèbre Père Perry et, grâce à lui, put acquérir et faire déterminer les constantes de plusieurs instruments précieux. La sphère d'action de l'Observatoire de Belen s'étendait tous les jours ; il fallait s'efforcer de le mettre à la hauteur de sa tâche.

Cette année même, le passage de Vénus sur le Soleil préoccupait l'attention des savants ; pour l'observer on monta au Collège de Belen un magnifique équatorial de Kooke. Une Commission polaire internationale organisait au pôle nord une série d'expéditions destinées à étudier la géographie et la physique de cette intéressante partie du globe ; simultanément des observations météorologiques et magnétiques devaient se faire à toutes les latitudes en des lieux spécialement choisis. L'Observatoire de Belen fut invité officiellement à prêter son concours et à faire ces observations.

En 1888, les travaux importants publiés jusqu'alors par ses directeurs étaient récompensés d'une médaille d'or à l'Exposition Universelle de Barcelone.

Mais ces voyages, ces récompenses ne faisaient point oublier au Père Viñes le but principal qu'il s'était proposé dès le début : l'organisation d'un service complet d'informations sur les cyclones. Les succès obtenus par semblables services dans les Observatoires de Manille et de Zi-ka-Wei stimulaient son zèle. Les mémoires divers, les appendices aux Bulletins de l'Observatoire publiés par lui, montraient sa profonde connaissance des lois du phénomène ; autre chose était de prédire d'avance sa marche et son parcours. Il lui fallait pour cela être aidé par d'autres observateurs, être renseigné sur l'existence des moindres signes avant-coureurs de la tempête.

Les vaisseaux de la marine de guerre espagnole, répartis un peu sur tous les points de Cuba et de Porto-Rico,

furent les premiers à offrir leur coopération, intéressés qu'ils étaient à la chose; des observateurs de bonne volonté, placés dans la partie orientale de l'île ou dans les Petites Antilles, prêtèrent leur concours; ces observations, transmises au Père Viñes par la Commandance de la marine et la Direction du port, lui permettaient de tirer immédiatement des conclusions, aussitôt communiquées au public, aux compagnies de navigation. Dès 1875 et 1876, le service fonctionnait, au moins sommairement.

Le côté le plus embarrassant de la question, on s'en aperçut vite, était le côté financier. Fort heureusement, les diverses compagnies de câbles et de télégraphes autorisèrent la transmission des dépêches météorologiques, soit complètement gratis, soit du moins avec de fortes réductions. Jusqu'en 1886 pourtant, ce service d'informations souffrit d'assez nombreuses irrégularités. A cette époque, l'utilité incontestable d'un service régulier finissant par s'imposer, on songea à une organisation permanente et complète.

Sur l'initiative du Père Viñes, la *Junta General de Comercio* de la Havane et différentes autres administrations s'entendirent pour supporter les frais d'un service régulier de télégrammes, centralisant à la Havane les nouvelles météorologiques. Le précieux concours de M. Ramsden, consul d'Angleterre à Santiago de Cuba, permit bientôt d'étendre ce service et de recevoir des dépêches régulières des Antilles anglaises. Les Compagnies de câbles tinrent à coopérer à cette œuvre d'intérêt général ; si bien qu'en 1887, sept stations d'informations fonctionnaient régulièrement aux points suivants : la Trinité, la Barbade, la Martinique, Antigua, Mayagüez (Porto-Rico), la Jamaïque, Santiago de Cuba. D'autres également envoyaient de temps en temps des observations : St-Thomas, St-Christophe, la Guadeloupe, la Dominique, Ste-Lucie, Grenade. De Cienfuegos, le Père L. Gangoiti, futur successeur du Père Viñes, et alors pro-

fesseur au Collège de N.-D. de Montserrat, télégraphiait également de précieuses informations. A ces stations auxquelles d'autres se joignirent dans la suite, il faut ajouter les stations flottantes formées par les navires de guerre et qui, par ordre supérieur, envoyaient périodiquement leurs observations à la Havane.

Muni de tous ces documents, le Père Viñes put, durant de longues années et à maintes reprises, signaler l'approche et tracer la marche des cyclones. Nul ne pourrait dire le nombre de vies humaines et la somme de richesses qui, grâce à lui, ont échappé au fléau.

Le Père eût désiré pourtant quelque chose de plus stable qu'une organisation reposant, en somme, sur des bonnes volontés privées et des intérêts un peu personnels. En 1890, il put espérer un moment voir ses espérances réalisées. A cette époque en effet, le gouvernement espagnol ayant décidé d'établir à la Havane un observatoire météorologique, l'Académie des Sciences de cette ville, consultée par le gouverneur général de Cuba, déclara à l'unanimité que la Havane devait être dotée d'un observatoire central de première classe, et que, si cela ne se pouvait faire, il était à désirer que l'Observatoire du Collège de Belen devînt le centre d'un service régulier d'informations, recueillies et transmises par des stations officielles, distribuées à Cuba même, St-Dominique, Puerto-Rico et dans les Petites Antilles. Malheureusement, ni l'un ni l'autre de ces souhaits ne fut exaucé : on créa, sous la dépendance de la Commandance de la marine à la Havane, un petit observatoire, qui, loin d'améliorer la situation, la compliqua encore davantage. D'une part, ses directeurs étaient loin, malgré leur bonne volonté, d'avoir la compétence que donnait au Père Viñes sa vieille expérience de vingt ans ; d'autre part, les informations qu'il transmit ou reçut furent loin d'être régulières et firent souvent défaut au moment opportun. — Le *Signal Service* des États-Unis qui recevait les câblogrammes

de cet observatoire, et auquel le Père Viñes continuait à envoyer ses prévisions, fut plus d'une fois dans une cruelle perplexité, en présence d'informations contradictoires émanées de ces deux sources, et ne put s'empêcher de donner raison à son officieux mais savant correspondant. Et le public et les journaux, faisant semblables constatations, continuaient à consulter le Père et à célébrer l'exactitude de ses prédictions.

Malgré tout, le coup fut sensible au Père Viñes. Était-ce donc ainsi qu'on le payait des inappréciables services rendus pendant vingt ans, et des labeurs inouïs auxquels il s'était livré ? Alors que le gouvernement anglais témoignait la plus grande faveur à l'Observatoire des Jésuites de Stonyhurst, alors que les États-Unis confiaient à ces mêmes Jésuites le service météorologique des Philippines, alors que, grâce à la faveur de différents gouvernements, les Jésuites pouvaient, à Zi-ka-Wei, organiser un service d'informations modèle, le seul Observatoire du Collège de Belen, non seulement ne recevait aucune subvention, mais avait encore à payer au gouvernement espagnol des droits de douane de 33 % pour des instruments déjà très chers et au moyen desquels il avait pu faire, durant de longues années, des annonces absolument gratuites !

Il ne restait plus au Père Viñes que quelques années à vivre. Comme s'il eût eu le pressentiment de sa fin prochaine, il se multiplia pour consigner dans ses derniers écrits les résultats de ses observations et de ses études sur les cyclones. Son infatigable plume ne s'arrêta plus, et l'année même de sa mort, en 1893, sollicité par la commission de l'Exposition de Chicago d'envoyer quelque nouveau travail, il composa ses *Investigaciones relativas á la Circulación y Traslación Ciclónica*, en quelque sorte son testament scientifique, œuvre d'une précision et d'une étendue de vues étonnantes.

Le 23 juillet 1893, le Père Benoît Viñes allait dans un

monde meilleur, jouir d'un repos bien mérité, loin des mesquineries d'ici-bas.

De 1873 à 1874, il avait été aidé dans sa lourde tâche par le Père Thomas Ipiña, de 75 à 77 par le Père Boniface F. Valladares, de 78 à 80 par le Père Maurice Cid, en 81 et 82 par le Père Pierre Oroso, en 83 et 84 de nouveau par le Père Valladares. A partir de 1885, M. Joseph Alberti lui servit d'assistant.

La succession du Père Viñes était lourde ; tous le sentaient, et on se demandait, non sans inquiétude, qui oserait assumer la responsabilité de prédire les cyclones des Antilles, avec la sûreté et la maîtrise qui avaient caractérisé ses informations. La tâche échut au Père Laurent Gangoiti, dès longtemps en relation avec le Père Viñes, et au courant du fonctionnement d'un observatoire. Le 29 août 1893, il prenait la direction de celui de Belen.

Le public, malin autant qu'intéressé, l'attendait à l'œuvre : le cyclone de septembre 1894 fut annoncé et décrit par le nouveau directeur avec une exactitude qui rassura pleinement les craintifs et provoqua, dans toute la presse, une explosion de joie. On reporta aussitôt sur lui la confiance que l'on avait eue en son prédécesseur.

L'un des premiers soucis du Père Gangoiti fut de mettre en ordre et de publier les observations des trois dernières années, ce que le Père Viñes n'avait pu faire, surchargé comme il l'était d'occupations. Puis, de concert avec le Père Recteur du Collège, le R. P. José-Maria Palacio, il s'occupa de mettre le local même de l'Observatoire plus en rapport avec les accroissements successifs qu'avaient pris ses services, et la haute qualité des personnages qui y faisaient de fréquentes visites, car, jusqu'alors, la pauvreté de l'installation avait étrangement contrasté avec la célébrité de l'institution et l'idée grandiose qu'on s'en faisait, d'après ses succès. On éleva donc, sur l'une des parties de la façade du collège, une gracieuse construction destinée à abriter les instruments ;

de plus, une subvention annuelle fixe fut attribuée à l'observatoire rajeuni.

Durant plusieurs années, sous la direction du Père Gangoiti, l'Observatoire de Belen, tout en restant un observatoire strictement privé, continua de son mieux à remplir le rôle à la fois scientifique et humanitaire qu'il s'était fixé, subvenant seul à ses dépenses. Plusieurs fois le Père Viñes avait eu à lutter pour lui garder ce caractère privé qui faisait une partie de son mérite ; il avait refusé la subvention que lui offraient les États-Unis s'il voulait se laisser incorporer au *Signal Service* ; il avait refusé de le laisser transformer par le gouvernement espagnol en observatoire de l'État. En 1895, les dépenses grandissant toujours, il fallut pourtant prendre un parti. D'aucuns, et non sans raison, s'étonnaient que l'Espagne ne voulût point aider pécuniairement une œuvre qui, depuis plus de quarante années, avait rendu de si éminents services. Le Père Gangoiti se décida à rappeler ces services dans une supplique au ministre des Colonies et à demander un crédit d'une centaine de mille francs. La supplique fut appuyée par les premières autorités cubaines, et en mai 1896, le marquis de Palmerola annonçait que la subvention était accordée, à prendre sur l'exercice 1896-97.

Sur ces entrefaites, la guerre séparatiste éclatait à Cuba, suivie bientôt de la guerre hispano-américaine, et la grande île changeait de maître. Les États-Unis installèrent, à la Havane et dans les Antilles, des stations relevant du *Weather Bureau*. Ils voulurent un instant imposer à l'Observatoire même de Belen, gardant directeur et assistants, de devenir une station officielle ; c'eût été enlever à l'œuvre toute sa valeur et tout son mérite.

Obéissant à certaines inspirations venues de Washington, les autorités américaines enlevèrent aux Pères de l'Observatoire le libre usage des lignes télégraphiques, pour les

réserver au seul *Weather Bureau ;* l'ordre, il est vrai, ne tarda pas à être révoqué.

Pas un instant, au milieu de toutes ces complications, ne s'éclipsa la faveur dont était entouré l'Observatoire de Belen. Répondant à d'universelles sollicitations, il continue à rendre les mêmes services que par le passé, à côté du *Weather Bureau* et presque comme si ce dernier n'existait point, mais consulté pourtant par lui, à différentes reprises, et vivant avec lui en bonne intelligence. L'Observatoire n'a, du reste, d'autres moyens d'existence que ceux dont il a toujours vécu : les subsides octroyés par le collège et la bienveillance de ceux qui utilisent ses avertissements et ses travaux.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire du collège de Belen est situé sur une partie des bâtiments du collège dont il forme un second étage ; il comprend dix fenêtres de façade. Au centre, une grande bibliothèque de $11^{m},38$ sur $7^{m},65$ renferme différentes publications provenant des observatoires nombreux avec lesquels celui de Belen est en relation ; au sud et au nord, des appartements pour le directeur, le sous-directeur et les assistants. A l'extrémité nord, dans une salle spéciale, sont installés sur de solides colonnes les instruments magnétiques fixes. Dans l'un des angles de la terrasse qui surmonte l'étage de l'Observatoire, une tour carrée, fort élégante, contient la salle des instruments météorologiques ; à la hauteur de plus de vingt mètres où ils sont installés, ils sont parfaitement dégagés et placés en bonne situation. La terrasse de la tour elle même supporte les anémomètres. Un abri ordinaire renferme thermomètres et

psychromètres ; un solide pilier de marbre, fixé sur l'un des gros murs du collège, sert aux mesures magnétiques absolues.

Au point de vue astronomique, l'Observatoire possède une lunette équatoriale de Kooke de dix centimètres d'ouverture, munie d'un appareil de projection pour l'observation des taches solaires, d'un spectroscope de Hilger et d'un autre de Browning. Ce bel instrument a servi à observer l'éclipse de soleil du 28 mai 1900 ; mais, faute de ressources, on n'a pu encore l'installer dans un local approprié. On espère pouvoir un jour lui construire une coupole à l'extrémité septentrionale de la terrasse de l'Observatoire. Signalons également un théodolite de Troughton permettant d'apprécier les 30″, un théodolite de mines, modèle Combes, un théodolite répétiteur construit par Abraham, de Liverpool, un sextant de Jones donnant les 10″ avec deux horizons artificiels, un beau pendule compensateur à mercure avec contacts électriques, construit par Howard et Cie, de Boston, et pouvant servir de chronographe, enfin un chronomètre d'Isaac.

La section magnétique comprend un magnétomètre de Grubb, de Dublin, composé d'un déclinomètre, d'un magnétomètre bifilaire et d'un magnétomètre à balance avec théodolite pour les lectures. Un magnétomètre unifilaire d'Elliot, un inclinomètre de Casella servent aux mesures magnétiques en voyage ; leurs constantes ont été déterminées à l'Observatoire de Kew.

La section météorologique est très complètement équipée : 4 baromètres à mercure de divers types, thermomètres et psychromètres, deux pluviomètres, hygromètres, évaporomètre de Piche, deux anémomètres Robinson, girouette perfectionnée, système Friez, de Baltimore, sept néphoscopes divers, enfin un cyclonoscope et un cyclonephoscope de l'invention du Père Viñes et que nous décrirons tout à l'heure.

Parmi les instruments enregistreurs, citons d'abord le météorographe du Père Secchi ; il marche depuis plus de trente ans sans la moindre irrégularité. Puis viennent un barographe Richard, un psychrographe Casella, et le *Universal Sunshine Recorder* de Lecky, instrument dont l'ingéniosité est connue.

Une chose à noter, c'est que l'Observatoire possède un atelier lithographique et imprime lui-même tous les papiers quadrillés de ses enregistreurs.

Inventions et travaux. — Comme on a pu le voir par les lignes qui précèdent, c'est surtout à l'étude des terribles cyclones des mers des Antilles qu'on s'est appliqué à l'Observatoire de Belen. Grâce aux documents amassés par lui et ses prédécesseurs, grâce à vingt ans d'un travail continu, le Père Viñes a pu, le premier, pénétrer le terrible phénomène, le comprendre dans ses détails, et formuler les lois de sa formation et de sa marche. C'est justice de nous arrêter quelque peu à exposer ses découvertes. Elles sont contenues dans plusieurs des notices ajoutées par lui aux Bulletins de l'observatoire, mais surtout dans les deux ouvrages que nous avons déjà signalés : *Apuntes*... et *Investigaciones*....

Il est impossible de rapporter ici tous les détails et toutes les particularités signalées par le Père Viñes : détermination de l'aire de pression minima où sévit le cyclone et des aires de pression maxima où règnent les anticyclones ; diamètre de la tourmente proprement dite et diamètre de l'espace central où règne un calme relatif ; vitesse giratoire du tourbillon et sa vitesse de translation, prise à différentes distances de l'axe vertical et en divers points de la trajectoire ; effets de balancement du cyclone autour de son axe, etc. Mais arrêtons-nous aux pages où le Père Viñes attire l'attention sur la convergence des vents tourbillonnants et sur la véritable forme du cyclone. Cette question est capitale, puisqu'elle permet de com-

prendre l'organisation intime des tempêtes et que sa solution est discutée en sens opposé par différents savants.

Tout d'abord le Père s'élève contre la théorie de Faye d'après laquelle tous les mouvements tourbillonnants à axe vertical, tempêtes, ouragans, bourrasques, cyclones, seraient des girations descendantes se formant dans les courants supérieurs de l'atmosphère aux dépens des inégalités de vitesse de ces courants, et empruntant à la force vive de ces mêmes courants l'action mécanique qu'ils exercent sur les mers et les continents. Dans l'idée de Faye, les cyclones seraient, en dernière analyse, des appareils de transmission de la force dans le sens vertical, avec concentration très énergique au bas, tendance centrifuge à la surface du sol, et mouvement ascendant dans la partie extérieure du tourbillon.

Or, de l'avis du Père Viñes, cette théorie, que son auteur prétend appuyer sur la réalité des faits et les lois de Redfield, n'est qu'une théorie *à priori*, que les faits eux-mêmes se chargent tous les jours de réfuter et de contredire. Et, à de nombreux témoignages, le Père ajoute celui de sa propre expérience; là où la théorie de Faye exige nécessairement des courants descendants, une dépression, une tendance centrifuge, l'observation a presque toujours montré, d'une façon très nette, des courants ascendants, une aspiration, une tendance centripète.

D'après le Père Viñes, une loi générale unique peut rendre compte de la circulation cyclonique dans les Antilles ; cette loi se formule ainsi : *La circulation cyclonique se fait de telle sorte que les courants inférieurs de l'atmosphère convergent vers le centre, les courants d'altitude moyenne tournent circulairement autour de ce centre, tandis que les courants supérieurs sont divergents.* Cette loi ne souffre pas d'exceptions.

Le meilleur moyen de la vérifier est d'observer la marche des nuages ; selon leur nature, en effet, les nuages sont situés à différentes hauteurs et soumis à l'influence des

courants atmosphériques qui les entraînent dans leur circulation.

La loi générale peut donc se décomposer comme suit :

1° Les légers cirrus qui flottent aux plus hautes altitudes s'éloignent dans une direction radiale du centre du cyclone. Pratiquement, leur direction forme un angle à peu près nul avec la ligne qui joint ce centre au point où est situé l'observateur.

2° Les cumulus et nimbus très bas se dirigent dans une direction à peu près perpendiculaire à celle du centre du cyclone.

3° Les cirro-stratus, cirro-cumulus et alto-cumulus se dirigent dans des directions faisant avec celle du cyclone des angles variant entre 90° et 0°, angles d'autant plus faibles que ces nuages occupent des couches plus élevées.

4° Le vent converge vers le centre du cyclone. Il souffle d'une direction située en dehors de l'angle droit formé par les directions perpendiculaires suivies par les cirrus et les cumulus, et de la gauche d'un observateur regardant le centre du cyclone.

Ces divers phénomènes ont été depuis bien souvent constatés, ainsi que l'existence des *cirro-stratus plumiformes*, précurseurs de cyclones, remarqués pour la première fois et nommés ainsi par le Père Viñes.

Les conclusions générales dégagées par le Père sont plus connues aujourd'hui qu'elles ne l'étaient au moment où il les formulait ; elles valent pourtant la peine d'être citées, comme un témoignage de l'étendue de ses vues et de ses efforts pour synthétiser tant d'obscurs phénomènes.

Il existe dans l'atmosphère, à un moment donné, des points de pression minima et des points de pression maxima. Tout minimum peut être considéré comme un centre d'aspiration, et tout maximum comme un centre d'expiration ou d'expulsion. L'air des couches inférieures de l'atmosphère se meut horizontalement à la surface du sol ; il converge, en suivant des trajectoires spiraloïdes, vers

les centres de pression minima, et ce mouvement giratoire s'exécute toujours dans le sens des aiguilles d'une montre, dans l'hémisphère austral, en sens inverse dans l'hémisphère boréal. Le contraire a lieu autour des centres de pression maxima. Du premier de ces deux mouvements naissent les cyclones à courants centripètes et ascendants; le second produit les anticyclones, à courants centrifuges et descendants. La force principale qui provoque et entretient les tempêtes se trouve emmagasinée dans la vapeur d'eau enlevée à la surface des mers par la chaleur solaire. C'est cette énergie potentielle, rendue actuelle par la condensation de cette vapeur, qui trouble l'équilibre atmosphérique et donne lieu à tous les phénomènes qui sont les conséquences de pressions inégales à la surface du globe. Il suit de là que toute cause qui tend à augmenter ou à diminuer la précipitation de vapeur d'eau, tend, par le fait même, à accroître ou à affaiblir la violence des mouvements giratoires de l'air.

Passant de la théorie à la pratique, le Père Viñes avait réalisé deux instruments, le cyclonoscope et le cyclonéphoscope permettant de déceler à distance la présence et la marche des cyclones.

Le cyclonoscope se compose d'un cercle horizontal sur lequel est tracée la rose des vents ; un second cercle plus petit et concentrique est mobile sur le premier ; il porte les directions relatives des vents et des différentes variétés de nuages par rapport au cyclone et à l'observateur. Il suffit de placer l'instrument horizontalement, d'orienter le grand cercle, de faire coïncider les indications du petit avec les phénomènes atmosphériques observés, et l'on a immédiatement la position et le sens de la marche du cyclone.

Le cyclonéphoscope, plus perfectionné, porte au centre un néphoscope de réflexion, et une boussole sert à l'orienter exactement.

Ce court exposé des travaux du Père Viñes expliquera

sans doute suffisamment et la sûreté de ses prédictions sur les cyclones — sûreté déconcertante et proverbiale — et les mentions élogieuses qu'ont faites de lui de savants météorologistes, comme Ferrel dans son *Popular Treatise on the Winds*, et l'idée plusieurs fois reprise de donner aux cyclones des Antilles le nom de *Viñesa*, pour les opposer aux typhons des mers de Chine.

Hâtons-nous d'ajouter que le Père Gangoiti, successeur du Père Viñes, a su émerger du brillant sillage qu'il lui faut suivre ; ses informations toujours précises, ses pronostics jamais trompés, lui ont valu, en maintes occasions, les éloges les plus flatteurs. Le DIARIO DE LA MARINA du 18 septembre 1900, ne disait-il pas, par exemple, que, en cas de divergence de pronostics entre le *Weather Bureau* et le Père Gangoiti, c'était toujours l'avis du second que l'on suivait ? La UNION ESPANOLA du 24 septembre 1903 énonçait la même idée.

Sous la direction du Père, les travaux de l'Observatoire se poursuivent avec la plus grande régularité : dix observations quotidiennes auxquelles il faut ajouter les deux observations internationales de 7 h. 30 du matin et de 7 h. 30 du soir. La collection des Bulletins est complète, de 1858 à 1903 (une lacune de 4 ans, de 1881 à 1884, sera bientôt comblée), et cette collection est très appréciée. Les Bulletins de l'Observatoire de Belen sont échangés avec ceux de 156 observatoires.

Les annonces émanées du directeur sont envoyées à la plupart des journaux de Cuba, à seule charge à eux de ne pas attaquer la religion et le personnel de l'Observatoire. Plusieurs feuilles, pour pouvoir insérer ces annonces, ont renoncé à leurs violentes déclamations antireligieuses.

Depuis 1901, le Père Gangoiti est aidé par un sous-directeur — les Pères Simon Sarasola et Mariano Gutierrez-Lanza ont successivement occupé ce poste — et par trois assistants civils.

Des services particuliers sont souvent demandés à l'Ob-

servatoire ; ainsi les commandants de paquebots y font régler leurs chronomètres de bord ; en 1903, le *Coast and Geodetic Survey* priait le P. Gangoiti de faire à la Havane et dans les environs des mesures magnétiques absolues ; une autre année (1898), les officiers du vaisseau autrichien *Donau* venaient faire à l'Observatoire des mesures sur l'intensité de la pesanteur.

En terminant, exprimons un souhait : c'est que des ressources plus considérables permettent à l'Observatoire de Belen de remplir de mieux en mieux la noble tâche qu'il s'est donnée de contribuer à l'avancement de la science et au bien de l'humanité.

OBSERVATOIRE DE MANILLE (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — C'est en 1865 que fut fondé l'Observatoire de Manille, au collège de l'Athénée, dirigé par les Pères de la Compagnie de Jésus. On sait combien fréquents et capricieux sont les cyclones qui dévastent les îles Philippines. Depuis plusieurs années les professeurs du collège s'intéressaient à ces singuliers météores et s'efforçaient d'en recueillir les pronostics. Le formidable typhon de septembre 1865, en leur montrant l'utilité de leurs travaux, les décida à poursuivre leurs observations d'une manière plus scientifique. Les instruments les plus indispensables furent installés, et dès lors un petit bulletin mensuel, illustré de courbes diverses, puis un bulletin

(1) Manila Central Observatory, Philippine.

annuel, enregistrèrent les observations et résumèrent les principales perturbations atmosphériques.

Sous l'impulsion de son ardent directeur, le Père Frédéric Faura, le nouveau centre scientifique se développa rapidement. En 1868, on fit l'acquisition du météorographe du Père Secchi ; plusieurs instruments furent offerts par de généreux donateurs. En 1870, la feuille mensuelle publiée par l'Observatoire se transformait en un véritable Bulletin, contenant, avec des articles de fond, des observations météorologiques complètes, faites toutes les trois heures, et leurs moyennes.

Les documents allèrent ainsi s'accumulant pendant quatorze ans. En 1879 enfin, le Père Faura crut arrivé le moment de les utiliser. Après une longue et minutieuse étude des mouvements du baromètre à ces latitudes, de l'aspect des nuages et des changements de direction du vent à l'approche des cyclones, il se jugea suffisamment outillé pour annoncer à coup sûr ces terribles phénomènes. A lui revient l'honneur d'avoir, le premier, prédit la formation, les mouvements et la trajectoire probable des typhons des mers de Chine, rendant ainsi aux habitants des îles Philippines et aux compagnies de navigation d'inappréciables services.

Le premier typhon annoncé par le Père Faura fut celui du 7 juillet 1879, le second, celui du 20 novembre de la même année. L'exactitude avec laquelle se réalisèrent les prévisions du Père donna dès lors à réfléchir aux autorités locales. L'Observatoire de l'Athénée prenait rang ; ses avis et annonces furent reçus avec considération. En 1878, le directeur général des télégraphes donnait toute autorisation pour que, des diverses îles, les renseignements pussent être centralisés à Manille. Aidé ainsi dans sa tâche, et fort de ses études préliminaires, le Père Faura, de 1879 à 1882 seulement, put annoncer cinquante-trois typhons ; trois fois seulement il se trompa

légèrement sur leur direction probable. Ces chiffres sont assez éloquents.

Bientôt même l'Observatoire de Manille eut l'occasion d'étendre encore son rayon d'action. En 1880, un câble fut immergé entre Hong-Kong et Manille. Désireux de faire profiter les côtes de Chine des annonces de typhons, dont l'Archipel des Philippines se félicitait, M. J. Hennesy, gouverneur de Hong-Kong, écrivait à D. Fernando Primo de Rivera, gouverneur de l'Archipel, pour obtenir par son influence, du directeur de l'Observatoire, qu'un échange quotidien et régulier de renseignements météorologiques eût lieu entre les ports de la côte de Chine et ceux des Philippines. Le P. Faura répondit que ce projet avait été dès longtemps caressé par lui, et que, ses observations lui ayant montré l'arrivée des cyclones sur les côtes chinoises deux jours au moins après leur passage sur les Philippines, l'échange de dépêches projeté avait une utilité incontestable.

Il ne se trompait pas : le 18 août 1883, le DAILY PRESS de Hong-Kong constatait que, dans le courant de cette année, les prévisions de l'Observatoire de Manille s'étaient réalisées de point en point, et il insistait sur les avantages de ces communiqués météorologiques. D'après les conseils du Père Faura, Hong-Kong songea bientôt aussi à avoir son observatoire : habitants des côtes et navigateurs des mers voisines en retirèrent de grands avantages.

Mais on pouvait faire mieux encore. En 1876, le Père Faura était parti pour l'Europe ; nous le trouvons à Rome, auprès du Père Secchi, en 1877 ; il visite l'Exposition de 1878 à Paris, et va conférer à Stonyhurst avec le Père Perry. Or, de congrès en congrès, depuis le premier Congrès de météorologie de Bruxelles en 1853, cette science avait rapidement progressé. Pour l'améliorer encore, on s'accordait surtout sur ce point que, par le moyen des lignes télégraphiques, le globe entier devait être enserré dans un réseau d'observations faites simultanément, d'après

une méthode uniforme, et centralisées ensuite dans quelques stations principales. Pareille institution pouvait seule permettre de formuler des lois générales et d'en prévoir l'application.

Tout pénétré de ces idées, le Père Faura revint à Manille, avec le désir bien arrêté de faire tout son possible pour doter les Philippines d'un réseau météorologique complet. Des listes de souscription furent lancées, remplies par des particuliers, des compagnies de navigation et d'assurance ; des mémoires furent rédigés et envoyés à Madrid. La Compagnie de Jésus offrait de bâtir à ses soins et frais un observatoire central et d'en prendre la direction.

Le 28 avril 1884, un décret royal approuvait la création d'un observatoire central et de six stations reliées télégraphiquement à l'observatoire ; des sommes importantes étaient mises à la disposition des directeurs ; toutes les stations navales des îles étaient priées de recueillir les renseignements intéressants et de les faire parvenir à Manille. Une ère nouvelle commençait.

Organisation. — Encouragé par ces heureux résultats, le Père Faura se mit, avec son habituel enthousiasme, à compléter l'œuvre commencée. Ses efforts portèrent naturellement sur deux points : construction du nouvel observatoire, organisation des stations secondaires.

L'observatoire fut inauguré en juillet 1886. Les bâtiments sont situés dans un faubourg de Manille nommé Ermita, près de la mer ; rien n'en borne la vue. De grands jardins s'étendent tout autour, offrant toute facilité pour des agrandissements futurs. Le bâtiment principal, aux murs fort épais, a la forme d'un rectangle ; nous le décrirons plus loin en détail. Deux autres constructions séparées ont été élevées dans la suite, l'une servant de pavillon magnétique, l'autre attribuée aux observations astronomiques. Un poste télégraphique, réservé au service

météorologique, unit l'observatoire central au câble des Philippines et aux stations secondaires.

La plupart de ces stations furent fondées de 1885 à 1887. Les premières fondées, vu l'importance de leur situation géographique, furent celles du sud-est de l'île de Luçon. Le Père Faura lui-même, accompagné du Père Battló et de Dom Toribio Jovellanos, assistant à l'Observatoire, fit en 1885 un voyage dans ce but. Dom Jovellanos alla ensuite installer les stations du centre et du nord de l'île.

Chacune de ces stations fut pourvue des instruments suivants, signés pour la plupart de Negretti et Zambra :

Baromètre Fortin	Anémoscope
Thermomètre à maxima	Anémomètre
Thermomètre à minima	Évaporomètre
Psychromètre	Pluviomètre

Quelques-unes reçurent en plus un baromètre, psychromètre et thermomètre enregistreurs de Richard. Les observations de toutes ces stations étaient envoyées tous les jours télégraphiquement à Manille.

D'ailleurs, le zèle et l'activité du Père Faura ne se bornèrent pas à la météorologie. L'étude des phénomènes sismiques, si importants dans toute cette partie du monde, l'occupait depuis longtemps. Les notes qu'il publia, à propos du grand tremblement de terre de 1880, lui valurent même, de la part de la municipalité, le titre de *Fils adoptif de Manille*. Quatorze stations de l'île de Luçon, équipées d'instruments spéciaux, télégraphiaient les moindres mouvements du sol.

Mais, dès cette époque, les relations de l'Observatoire de Manille s'étendaient jusqu'à des postes bien plus éloignés : l'île de Mindanao, les Mariannes, les Carolines lui envoyaient leurs observations. Des dépêches météorologiques étaient quotidiennement échangées entre Manille et Macao, depuis 1885, Manille et Saïgon, depuis 1887,

sur demande spéciale des autorités de ces deux villes. Plus tard, en 1898, à la suite de l'expédition magnétique qu'il fit sur les côtes de la Chine et du Japon, le Père Michel Saderra Mata, alors directeur de l'Observatoire de Manille, obtint l'échange de télégrammes avec Tokio, Nagasaki, Shanghaï, Amoy et Haïphong. En 1899, le Père Algué, le directeur actuel, entra de même en relations quotidiennes avec les stations importantes de l'île de Formose.

Cependant de graves événements se passaient dans les Philippines, et l'Archipel changeait de maîtres. Par suite de la guerre hispano-américaine, l'amiral Dewey, avec sa flotte, stationnait, plusieurs mois durant, en rade de Manille. A l'amiral et aux commandants des divers bâtiments, le Père Algué envoya les annonces de typhons et les notices publiées par l'Observatoire. Sir Dewey lui en témoigna par lettre sa reconnaissance, et tint à confirmer l'exactitude rigoureuse des renseignements fournis.

Le câble unissant Manille à Hong-Kong avait été rompu. Un officier supérieur de la flotte anglaise à l'ancre devant cette dernière ville, pria immédiatement l'amiral Dewey de vouloir bien rétablir la communication, insistant sur les pertes et les accidents qui se produiraient, si Manille ne signalait plus l'arrivée des typhons. Le consul des États-Unis à Hong-Kong faisait bientôt la même requête et demandait au Père Algué de lui expédier dorénavant les télégrammes jusqu'alors adressés au consul d'Espagne. Mais ce fut M. Doberck, directeur de l'Observatoire de Hong-Kong, qui, bien malgré lui, attira le plus favorablement le regard des Américains victorieux sur l'Observatoire de Manille. Une lettre de lui, datée de l'été de 1898, en donnait au ministre de l'Agriculture des États-Unis une appréciation plutôt défavorable et appelait spécialement son attention sur les troubles que provoquait soi-disant, dans l'archipel, chaque annonce de typhon. Un décret ne tarda pas à interdire toute annonce. Mais

alors ce fut un *tolle* si général des compagnies de navigation, des cercles maritimes, de la presse et du public, à Manille et à Hong-Kong, que les Américains durent y regarder d'un peu plus près. Le résultat était à prévoir : dès avril 1899, l'Observatoire reprenait son service d'informations et sortait, grandi et mieux connu, de la lutte. Le Père Algué qui s'était tenu, en cette occasion, sur une défensive courtoise, reçut d'unanimes éloges, comme directeur de cet observatoire.

Organisation sous le nouveau régime. — En fait, pendant l'insurrection des Philippines et la guerre hispano-américaine, les observations de la station centrale n'avaient pas souffert une minute d'interruption. Sur l'ordre du gouvernement espagnol, le signal des tempêtes n'avait pas, il est vrai, été hissé pendant le blocus, mais aussitôt que le gouvernement des États-Unis eut pris possession de Manille, le capitaine du port s'empressa de réparer le mât des signaux et pria l'Observatoire de vouloir bien continuer, comme précédemment, les annonces de typhons. De multiple façon les Américains s'attachèrent dès lors à prouver quel cas ils faisaient des travaux de l'Observatoire. Par leurs soins la communication télégraphique fut rétablie avec le câble, avec les différentes stations ; le bureau astronomique fut chargé de transmettre l'heure moyenne à tous les ports. En 1899, le gouverneur militaire, major général E. Otis, confirmait à l'Observatoire le caractère officiel que le gouvernement espagnol lui avait reconnu en 1884. Les directeurs, du reste, montraient leur bonne volonté en publiant en anglais, dès 1899, à la demande des autorités de l'île, divers travaux et résumés météorologiques fort utiles. Enfin, le 22 mai 1901, une loi approuvée par le gouvernement de Washington constituait à nouveau, en lui donnant un énorme accroissement, le service météorologique de l'archipel des Philippines. Voici dans quelles circonstances.

Sur la demande de la commission chargée d'organiser

les nouvelles possessions américaines, on en dressa un atlas, accompagné d'un volumineux dossier, auquel les Pères de la Compagnie de Jésus collaborèrent pour une large part. Ces documents devaient être publiés par l'imprimerie gouvernementale ; pour en surveiller l'impression, le ministre de la Guerre manda le Père Algué à Washington. Celui-ci quitta Manille le 28 décembre 1899, laissant la direction provisoire de l'Observatoire au Père Doyle, un Irlandais qui avait déjà eu plusieurs fois l'occasion de traiter avec les autorités américaines, et partit pour les États-Unis. Il y rencontra partout les dispositions les plus favorables. Fort aimablement accueilli par le directeur du service météorologique, M. Willis L. Moore, le Père Algué fut présenté par lui au ministre de l'Agriculture, M. Wilson. Les plans élaborés reçurent approbation complète et furent envoyés à la commission officielle des Philippines à laquelle il avait été accordé plein pouvoir légal. Le Père Algué fut autorisé à aller en Europe pour y faire les achats nécessités par la nouvelle organisation ; il y représenta le gouvernement des Philippines à l'Exposition de 1900, puis, revenant par les États-Unis, il était de retour à Manille le 28 janvier 1901. Le 22 mai suivant, était publiée une loi réorganisant en détail le service météorologique de l'archipel. Le Père Algué était nommé directeur de ce service et dépendant du ministre de l'Agriculture au même point que le directeur du service météorologique des États-Unis ; un grand nombre de stations secondaires nouvelles étaient fondées, les services d'informations organisés minutieusement ; enfin, des sommes considérables étaient mises à la disposition de l'Observatoire.

Aux termes de la loi, les stations secondaires étaient divisées en quatre classes suivant leur importance ; elles formaient un total de soixante-douze. Aidés par la bienveillance du public, et par la générosité de plusieurs particuliers, les directeurs du nouveau service se mirent immé-

diatement à la dure tâche de les installer. Trois expéditions partirent successivement dans ce but, la première dirigée par le Père Balthazar Ferrer, assistant à l'Observatoire de Manille, la seconde sous les ordres du Père Martial Solà, secrétaire du service météorologique, la troisième conduite par le Père M. Saderra Mata, assistant. Toutes trois remplirent leur but, en dépit des difficultés matérielles.

En outre de ces stations officielles, il en existe encore dans les Philippines quelques-unes, tenues par des particuliers bénévoles, et d'autres fondées dans des lieux de villégiature dont on a un intérêt particulier à connaître à fond les conditions climatériques, parce que les Européens débilités par les chaleurs y vont retrouver la santé.

Le service météorologique des Philippines n'a cessé de fonctionner à la satisfaction de tous. Le Père J. Algué, directeur actuel de l'Observatoire, a été arraché, en 1897, date de la mort du Père Faura, à ses recherches astronomiques ; ses travaux l'ont fait connaître du monde entier, et, à St-Louis, c'est lui qui, tout récemment, a été chargé d'organiser l'exposition scientifique de l'archipel des Philippines.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire central de Manille s'occupe principalement de météorologie et d'astronomie (fig. 18). La météorologie est installée dans deux larges tours rectangulaires qui limitent, à ses deux extrémités, la façade principale. Dans la tour de gauche on a construit un énorme pilier de pierre de taille, qui s'élève à travers les deux étages tout en étant complètement isolé par un léger espace. C'est à ce pilier que sont fixés les

instruments exigeant une grande stabilité. Les instruments qui n'ont pas besoin d'être placés en plein air sont répartis dans deux grandes salles ; les autres sont distribués sur les terrasses des tours. Enfin, au milieu du jardin qui entoure l'Observatoire, deux enceintes gazonnées et légèrement surélevées (Pl. VIII, fig. 19), afin d'empêcher

Fig. 18. — Vue d'ensemble de l'Observatoire de Manille.

l'eau d'y séjourner dans la saison des pluies, contiennent le reste des appareils. Dans l'une des enceintes, un abri du type classique renferme les thermomètres et les hygromètres ; tout autour, les pluviomètres ; dans l'autre, un abri spécial contient les thermomètres à maxima et minima, les psychromètres, etc. Cet abri a un double toit : le toit supérieur est en lamelles de bois superposées de façon à laisser circuler l'air ; le toit inférieur est en feuilles de palmier ; l'ensemble est absolument impénétrable à la chaleur. Autour du second abri, les actinomètres, thermomètres à radiation, etc. Des séries de thermomètres permettent, en

Fig. 19. — Observatoire de Manille. Pavillon météorologique.

un autre endroit, de connaître la température du sol à différentes profondeurs.

Le matériel astronomique comprend un joli bâtiment surmonté d'un dôme et séparé du bâtiment principal (Pl. IX, fig. 20). Le dôme, construit à Barcelone, a été posé à Manille en 1898. La lunette méridienne, l'équatorial, les chronomètres ont chacun une salle spéciale. L'équatorial a $0^m,48$ d'ouverture ; l'objectif est de Merz et la monture de Saegmüller ; il possède deux spectrographes, l'un de Töpfer, de Berlin, l'autre de Hilger, de Londres. De nombreux sextants, plusieurs télescopes, dont quelques-uns peuvent être utilisés pour la photographie, des théodolites, un cercle mural donnant les secondes complètent l'ensemble.

Le magnétisme est d'autant moins négligé, à Manille, que l'Observatoire étant situé sur une ligne isogonique, les plus faibles perturbations s'y font sentir ; les résultats qu'on y enregistre ont une grande valeur scientifique. Le Père Cirera, fondateur de l'Observatoire magnétique de l'Ebre, inauguré en septembre 1904, a été longtemps directeur du service magnétique des Philippines.

Parmi les instruments dont est pourvu l'Observatoire de Manille, quelques-uns méritent d'être cités. Tel le météorographe du Père Secchi, enregistrant sur une même feuille de papier quadrillé les courbes correspondant aux variations de la pression atmosphérique, de la température, de l'humidité relative, de la force et de la direction du vent, avec l'heure et la durée des chutes de pluie. Cet instrument fonctionne sans interruption depuis 1869. Tel encore le céraunographe, inventé par le Père Joseph Schreiber, ancien assistant à l'Observatoire de la Compagnie de Jésus à Kalocsa, en Hongrie, destiné à déceler, à distance, les troubles électriques de l'atmosphère (1). Tel enfin le microséismographe de Vicentini, appareil

(1) Cet instrument, ainsi que le précédent, seront décrits dans d'autres notices.

enregistreur fort ingénieux, dont les courbes ont permis au Père Algué de reconnaître, non seulement les petites vagues sismiques locales, mais l'approche des cyclones, l'état de la mer dans le voisinage de l'île, etc. Le microséismographe a même pu enregistrer avec une amplitude de mouvement de $0^m,0039$ un tremblement de terre du Mexique.

Les quatre classes de stations rattachées à l'Observatoire sont pourvues de groupes d'instruments variant avec leur importance. Celles de première classe possèdent un appareillage météorologique complet. Celles de quatrième classe, créées surtout en vue de rendre service à une contrée purement agricole, s'occupent spécialement de mesures pluviométriques. Pour faciliter l'étude des mouvements terrestres, fréquents en ces régions, en introduisant le plus d'éléments possible dans la monographie de chacun d'eux, toutes les stations sont dotées en outre de sismographes d'un type uniforme ; leurs indications, confrontées, donnent lieu à d'intéressantes observations.

Les bâtiments qu'occupent les différentes stations ne sont naturellement pas construits sur le même modèle ; plusieurs, le plus grand nombre même, ont été achetés tout faits et aménagés pour leur nouvelle destination. On a choisi des constructions solides, aux murs épais, offrant toutes les garanties désirables. Plusieurs ont été offertes par de généreux amis de la science.

Ajoutons enfin que l'Observatoire de Manille a eu longtemps son imprimerie particulière ; mais depuis 1902 tous les travaux de l'Observatoire sont imprimés à l'imprimerie du gouvernement.

Inventions et travaux. — Peu d'observatoires offrent un ensemble d'inventions et de travaux aussi imposant que l'Observatoire de Manille. Aussi est-ce justice que ce chapitre nous arrête quelque peu.

La première invention que nous signalerons est celle d'un baromètre anéroïde par le Père Faura en 1885.

FIG. 20. — OBSERVATOIRE DE MANILLE. PAVILLON ASTRONOMIQUE.

L'idée du Père Faura était de créer un instrument portatif qui fournît des indications assez précises sur les typhons à ceux qui n'étaient pas à même de recevoir les annonces de l'Observatoire. Il y parvint en faisant graver sur le baromètre une série de données très claires que l'aiguille venait automatiquemeut montrer, sans erreur possible. Le baromètre du Père Faura est aujourd'hui d'un usage courant dans tout l'archipel et à bord des navires qui fréquentent ces parages : c'est la meilleure preuve de son utilité. Il a, du reste, été plus d'une fois copié ou contrefait.

En 1898, le Père Algué publiait son barocyclonomètre. L'instrument comporte un baromètre et un cyclonomètre. Le baromètre présente ceci de spécial que son échelle gravée est mobile. Les mers qui avoisinent les Philippines ont des particularités curieuses au point de vue des variations de la pression atmosphérique normale : cette pression est de 754 mill. à Hong-Kong et de 758 mill. à Manille ; entre Chefou et Iloilo elle varie de 771 mill. à 759 mill. Dans ces conditions, une échelle fixe, même réduite pour la région, n'est d'aucune utilité aux navigateurs et ne sert qu'à les induire en erreur. L'échelle mobile, inventée par le Père Algué, leur permet de remédier à ce défaut. Le cyclonomètre, adjoint au baromètre, représente graphiquement la section de la partie inférieure du corps d'un cyclone. Il permet aux pilotes de trouver aisément, dans tous les cas, la direction à prendre pour l'éviter.

Ajoutons, la chose n'est pas inutile, que, avant que le Père Algué ait pu prendre un brevet pour son invention, elle lui a été enlevée par le directeur de l'Observatoire de Brême, M. Paul Bergholz. Ce personnage a poussé l'audace jusqu'à faire construire un barocyclonomètre identique à celui du Père Algué, chez le fabricant même choisi par ce dernier, G. Lufft, de Stuttgart. La seule

différence est que les indications gravées sont en allemand au lieu d'être en anglais.

En 1900, le Père Algué, durant sa visite à l'Exposition de Paris, chargeait Ducretet de la construction d'un néphoscope de son invention. Cet appareil donne la direction de marche des nuages, et, de plus, leur vitesse apparente. Connaissant par des tables la hauteur de chaque catégorie de nuages, on déduit rapidement à l'aide de ces données la vitesse réelle. L'avantage de ce néphoscope est de ne donner lieu à aucune erreur de perspective et de permettre une lecture facile.

Enfin, il convient de mentionner ici le télescope à réflexion inventé par le Père Algué, en 1894, à l'Observatoire de la Compagnie de Jésus à Georgetown, et dont un exemplaire existe à Manille. Cet instrument, destiné à supprimer ce qu'on appelle l' « erreur personnelle », inévitable dans toutes les observations courantes, et à noter automatiquement le passage des étoiles, est décrit dans la notice de l'Observatoire de Georgetown.

Pour ce qui regarde les publications particulières dues à la plume des Pères qui se sont succédés à l'Observatoire de Manille, on comprendra que nous n'en puissions donner ici une liste complète. Plusieurs présentent, au point de vue technique, un grand intérêt, spécialement celles qui traitent des typhons et des phénomènes sismiques. Rappelons également que plusieurs des chapitres du grand ouvrage sur les Philippines édité en 1900 à Washington, par les soins du gouvernement des États-Unis, ont été écrits par des Jésuites.

L'Observatoire de Manille publie chaque mois un Bulletin in-quarto, donnant les tables numériques de ses observations. Ce Bulletin a paru en espagnol de 1865 à 1901. Depuis lors, il parait en anglais et en espagnol. Chaque fascicule contient d'ordinaire un ou plusieurs rapports détaillés sur un sujet intéressant la science : astronomie, climatologie, histoire naturelle, etc. Ces

pages mensuelles ne sont, d'ailleurs, que le résumé d'un service météorologique minutieusement et savamment organisé dont il nous reste à parler en détail.

De 1865 à 1880, on ne fit à l'Observatoire central de Manille que six observations par jour ; de 1880 à 1883, on les fit toutes les heures de 5 heures du matin à 11 heures du soir ; depuis 1883, elles se font régulièrement d'heure en heure, le jour, de 5 heures à 9 heures sur les instruments à lecture directe, et la nuit au moyen des enregistreurs.

Dans les stations de première classe, les observations sont lues six fois par jour, et des enregistreurs donnent les valeurs horaires. Dans les stations de seconde classe, qui ne possèdent pas d'enregistreurs, les observations sont lues six fois par jour également. Dans celles de troisième classe, elles ne le sont que deux fois. Les stations pluviométriques notent quotidiennement la pluie tombée, deux valeurs barométriques et les valeurs thermométriques maxima et minima. De plus, outre leur feuille quotidienne, les stations de première et de seconde classe doivent envoyer chaque mois à Manille un petit bulletin complétant et détaillant leurs observations ; elles en font autant à la fin de chaque année.

Les observations sismiques doivent être centralisées à l'Observatoire, aussitôt après le passage du phénomène. Là elles sont dépouillées et comparées : leur nombre, à lui seul, leur donne un grand intérêt, car, nous l'avons dit, toutes les stations sont pourvues de sismographes du même type.

Un autre service fonctionne encore à Manille : c'est le Service des récoltes *(crop service)*, fondé en août 1901 pour remplacer le Service agronomique qui existait sous le gouvernement espagnol. Chaque mois, les directeurs des stations adressent à l'Observatoire un rapport indiquant la nature et l'état des récoltes, l'influence que le temps a eue sur elles, la présence des insectes nuisibles, spéciale-

ment des sauterelles. La publication de ces renseignements est fort utile aux propriétaires et aux commerçants. Ajoutons que le Père William Stanton, directeur de ce service, a commencé à recueillir et à étudier les diverses espèces d'insectes nuisibles à l'agriculture, dans ces régions tropicales.

Enfin l'Observatoire de Manille est à la disposition du public pour régler tous les genres d'instruments météorologiques, déterminer au besoin leur erreur instrumentale, et ce, gratuitement. En particulier, il règle annuellement près d'une centaine de chronomètres, provenant des bateaux qui fréquentent le port.

Pourtant, sans contredit, l'un des rôles les plus importants de l'Observatoire de Manille est celui qu'il joue dans la prévision et l'annonce du temps. Ce rôle peut se dédoubler en deux parties : annonces régulières et annonces extraordinaires ; ces dernières concernent les typhons.

Deux fois par jour, Manille échange des télégrammes météorologiques avec des stations du Japon, de la Chine, de l'Indo-Chine et de l'île Formose, au nombre de vingt-trois, parmi lesquelles on trouve les principaux ports d'Extrême-Orient : Hong-kong, Macao, Saïgon, Haïphong, Shanghaï et Tokio. Les observations reçues, combinées avec les siennes propres, permettent à l'Observatoire de Manille de rédiger une note annonçant le temps probable pour les vingt-quatre heures suivantes. Cette note est immédiatement télégraphiée, avec variantes appropriées, à toutes les stations des Philippines, et portée à la connaissance du public.

Les annonces de typhons sont un peu plus compliquées. Aussitôt que les troubles atmosphériques précurseurs ont été signalés, la vigilance de l'état-major de l'Observatoire redouble : les observations sont faites à des intervalles très rapprochés ; on les demande, d'heure en heure, aux stations qui, par leur situation, semblent pouvoir fournir des données plus importantes ; on tâche enfin, de toute manière, de prévoir la marche du terrible ennemi.

Si le typhon approche, des télégrammes sont expédiés à tous les points des Philippines en relation avec l'Observatoire, indiquant le trajet suivi et les localités particulièrement menacées. Ces télégrammes sont immédiatement publiés et les capitaines de ports hissent les signaux convenus. A Manille même, capitaine de port, commandant de l'escadre, directeurs des compagnies de navigation sont tenus au courant, d'instant en instant ; des signaux spéciaux, cônes et boules pendant le jour, feux blancs et rouges pendant la nuit, hissés au sémaphore, indiquent la direction et la violence du cyclone. S'il y a lieu, les amarres des navires sont renforcées et les précautions les plus minutieuses prises pour éviter tout accident.

Les annonces de typhons sont encore câblées de Manille aux grands ports que nous citions plus haut. Manille, en effet, occupe une position en vedette par rapport aux côtes de Chine et du Japon. Les terribles tempêtes qui se forment dans le Pacifique se dirigent, en effet, dans la direction de l'un ou l'autre de ces deux pays, et dans les deux cas passent à proximité plus ou moins grande de Manille ; de cette île à la Chine, les typhons mettent d'ordinaire de deux à quatre jours pour se transporter ; pour atteindre le Japon, il leur faut de trois à dix jours. On conçoit, dès lors, tout l'avantage que les habitants et les navigateurs ont à être renseignés d'avance pour se tenir sur leurs gardes. Aussi l'Observatoire de Manille envoie-t-il généralement trois dépêches pour chaque typhon : la première signalant son existence et sa position ; la seconde son passage sur l'Archipel ou à courte distance ; la troisième indiquant la fin du typhon sur l'archipel et la direction qu'il a prise.

Que de vies et d'argent ont déjà été sauvés par ce service d'annonces ! Il serait difficile sans doute de le supputer.

Conclusion. — Les lignes qui précèdent auront suffisamment montré que l'Observatoire de Manille n'a jamais

failli à la tâche, durant sa déjà longue existence, et qu'il a bien rempli le but de ses fondateurs. Malgré les attaques injustes dont il a parfois été l'objet, dans l'ensemble on lui en a été reconnaissant.

En 1883, l'Observatoire était couronné à l'Exposition coloniale universelle d'Amsterdam; il l'était encore à l'Exposition de Madrid, en 1887. En 1893, l'Amérique célébrait la mémoire de Christophe Colomb par la grande Exposition de Chicago; deux Pères de l'Observatoire furent officiellement convoqués pour y représenter le gouvernement espagnol. En 1900, le Père Algué était envoyé par la Commission des États-Unis aux Philippines, comme délégué au Congrès international de météorologie de Paris. En 1902, l'Observatoire de Manille prenait part à l'Exposition coloniale de Hanoï, sur le désir exprès du consul de France. Enfin, nous avons dit que le Père Algué avait été chargé par les États-Unis d'organiser l'Exposition scientifique des Philippines à la *World's Fair* de St-Louis.

Ajoutons que, en 1896-97, Manille a été l'un des seize observatoires choisis pour déterminer les mouvements généraux de l'atmosphère au moyen de mesures très précises effectuées sur les nuages.

(A suivre.) P. DE VREGILLE, S. J.

L'INDUSTRIE DE L'OR.

S'il est un mot magique, c'est celui qui désigne le précieux métal.

Posséder l'or : n'est-ce point le but exclusif, et de la plupart des hommes civilisés, qui voient sans cesse croître leurs besoins de bien-être, et même des pauvres sauvages, qui savent échanger un peu de leur poudre contre la pacotille des traitants ?

La légende veut qu'il soit des pays fortunés où la terre est comme pavée d'or : Eldorado, Californie, Australie, Transvaal, Klondyke ; là, dit-on, les gueux deviennent d'un coup riches à millions, et tel miséreux, qui, ne sachant où reposer sa tête dans notre égoïste vieux monde, s'en est allé, le désespoir au cœur, tenter là-bas la fortune, s'y est un jour éveillé sur un lit d'or.

De tels récits sont loin de la réalité. Que certains *prospecteurs* aient fait une fortune rapide, cela est vrai ; mais combien ont payé de leur vie l'*auri sacra fames* qui les dévorait ! Qui n'a présentes à l'esprit les lamentables odyssées des chercheurs d'or du Klondyke, luttant tout ensemble contre les froids terribles d'un hiver polaire, contre l'extrême humidité de soudains dégels, contre la férocité de forbans (1), désireux de s'approprier leur bien par quelque audacieux coup de main, et s'en revenant pour la plupart ruinés et non pas enrichis, heureux encore

(1) Au Klondyke, actuellement, la police est parfaitement bien organisée et la sécurité absolue. Les immigrants ne peuvent débarquer s'ils ne possèdent une certaine somme, les résidents ne peuvent quitter le pays s'ils ont des dettes.

de n'être pas comptés parmi ceux que la mort avait fait siens, là-bas ?

Le vrai est que, des quelque 1500 millions d'or extraits annuellement des mines du monde entier, la plus grande part est le fruit d'une industrie en tous points comparable à celle des métaux vulgaires.

Les placers donnant l'or à la pelle sont d'une extrême rareté. Au contraire, les gisements où la quantité d'or ne dépasse point quelques centigrammes par tonne de minerai sont les plus communs ; et ces gisements sont couramment exploités.

Aussi bien, l'accroissement constant de la production de l'or tient non seulement aux nouvelles découvertes de gisements, mais encore aux traitements de plus en plus perfectionnés, qui permettent d'extraire l'or de minerais pauvres délaissés jusqu'alors, et même des résidus, faiblement aurifères, des anciennes exploitations.

Si de 1875 à 1880 la production mondiale de l'or, restant à peu près stationnaire d'une année à l'autre, atteignait bon an mal an 480 millions de francs, avec le maximum de 639 millions en 1878 ; si en 1890 cette production approchait de 700 millions et passait en 1899 à 1612 millions, l'accroissement si rapide ainsi réalisé était dû non seulement à la découverte des filons du Transvaal, mais encore à l'emploi de procédés d'extraction nouveaux. Pour preuve, ce fait : depuis 1890 toutes les régions aurifères, *sauf la Sibérie*, ont doublé leur production et, par ailleurs, les Russes, *au contraire des Anglo-Saxons* (qui détiennent les exploitations du Canada, de la Californie, du Transvaal, de l'Australasie) en sont restés aux méthodes d'autrefois.

L'or se rencontre soit à l'état libre, dans les sables ou alluvions qui forment les lits des rivières, soit empâté dans certaines roches quartzeuses, où il se trouve mêlé à

diverses substances. De là, deux traitements bien différents des masses aurifères.

Dans le cas d'alluvions, il suffit d'opérer un simple triage, soit à la main, pour les pépites, soit à l'aide de l'eau, pour l'or en particules ténues ; car dans un mélange d'eau, de sable et d'or, l'or descend au fond et se sépare ainsi du gros des matières étrangères. Le mélange riche en or recueilli au fond de la cuve est soumis à l'action du mercure qui dissout le métal précieux. Une simple distillation sépare ensuite l'or du mercure. Les alluvions à pépites sont d'ailleurs fort rares, et celles-ci sont d'ordinaire fort petites ; la plus grosse qu'on ait jamais rencontrée pesait 95 kilogrammes ; on la trouva à Molvague, en Australie. Une pépite de 4 kilogrammes est encore un échantillon historique et il n'en a guère été trouvé plus d'une vingtaine dépassant ce poids ; il est vrai qu'une pépite de 4 kgr. a déjà une valeur respectable, 12 000 fr. D'ordinaire, l'or des alluvions est à l'état de poussière impalpable ou de paillettes très menues.

Bien plus compliqué est le traitement des roches aurifères. Un broyage préalable, dégageant l'or de sa gangue, est tout d'abord nécessaire ; ensuite on traite le mélange d'or et de débris rocheux à peu près comme les alluvions. Mais il est ici des minerais qui ne se prêtent pas à l'action du mercure et qui, jusqu'à ces dernières années, avaient été délaissés pour ce motif : on ne savait point en retirer l'or. Voici que, tout récemment, les procédés dits de cyanuration, de chloruration, de bromo-cyanuration ont permis de les traiter : de là, pour une part, l'essor prodigieux de l'industrie aurifère, qui jette actuellement sur le marché deux fois autant d'or qu'en 1890.

L'étude de l'industrie aurifère comporte ainsi deux grandes divisions : les alluvions, les minerais.

Pour les alluvions, il y a lieu de distinguer la petite, la moyenne, la grande industrie.

Ici, c'est le simple plat creux des prospecteurs, qui,

rempli de sable et d'eau et agité d'un mouvement circulaire, laisse échapper peu à peu tout ce qui n'est pas or ; là, dans les régions privées d'eau, comme l'Australie occidentale, ce sont les vanneurs à or ; puis, les dragues, qui peuvent traiter jusqu'à 80 000 mètres cubes d'alluvions par mois ; enfin les gigantesques barrages et les conduites d'eau de 100 kilomètres et plus de Californie, destinés à produire des trombes liquides qui délitent des montagnes entières et savent en extraire l'or.

Pour les minerais qui, au contraire des alluvions, ne peuvent être traités que par la grande industrie, il y a lieu d'étudier les moulins, les concentrateurs, les distributeurs, les traitements chimiques.

Bref, autant de chapitres présentant chacun un intérêt marqué, cela en raison des aspects divers que présente la recherche de l'or tant dans les pays froids que dans les pays chauds ou tempérés, pour ce motif aussi que les procédés d'extraction sont la plupart d'une extrême ingéniosité.

I

LES ALLUVIONS AURIFÈRES

On peut distinguer trois catégories d'alluvions aurifères : les alluvions anciennes, les alluvions glaciaires, les alluvions récentes.

Les alluvions anciennes appartiennent aux époques géologiques les plus diverses. Il en est qui remontent à l'époque primaire, comme le conglomérat du Gard, en France, et qui sont le plus souvent recouvertes par des terrains de formation relativement récente. Lors de la destruction de ces derniers, le métal précieux des alluvions, mis au jour, est entraîné par les cours d'eau et

s'amasse dans certaines poches où les orpailleurs savent le recueillir.

A ce genre d'alluvions appartiennent les dépôts qui se rencontrent sur les plateaux, en Californie notamment. Les unes et les autres ont ce caractère d'être disposées en couches indépendantes de l'orographie actuelle des contrées où on les rencontre, de recouper, par exemple, les vallées.

Les alluvions glaciaires ont été constituées par les glaciers et non plus par les cours d'eau comme les alluvions anciennes ou récentes. C'est à des alluvions de ce genre que le Rhône doit d'être aurifère aux environs de Pont-Saint-Esprit, à sa sortie des plaines du Lyonnais. Là, en effet, il traverse l'ancienne moraine des glaciers alpestres, beaucoup plus développés alors qu'ils ne le sont de nos jours. Telles sont aussi les alluvions du Pamir occidental et celles du Tian-Chan.

Enfin, il y a lieu de distinguer dans les alluvions récentes celles qui sont au-dessus du niveau actuel des rivières et celles qui sont au niveau même des rivières ; dans ces dernières on doit comprendre les lits des rivières aurifères.

Il est à noter que, sauf exception, la partie la plus riche d'une alluvion aurifère est la partie la plus profonde, pour cette raison que l'or tend toujours à s'infiltrer dans les sables, à descendre : c'est une conséquence de son poids spécifique fort élevé.

Les alluvions aurifères des pays habités sont toujours, et de temps immémorial, connues pour telles par les autochtones, sauf les cas où elles sont si profondément enfouies que leur accès nécessite des travaux d'art. La prospection est donc pour l'ordinaire guidée par certains renseignements particuliers aux contrées explorées. La connaissance de la géologie, plus encore le coup d'œil des chercheurs d'or locaux, peut lui être aussi d'une aide efficace.

Partout, l'étude première d'une alluvion se fait au

moyen d'un plat de dimensions variables, nommé *pan* ou *batée*, d'environ 50 centimètres de largeur et de 8 centimètres seulement de profondeur ; l'on y verse un mélange d'eau et d'alluvion ; un mouvement de balancement, imprimé à l'appareil, fait ensuite que le sable et l'eau sont peu à peu rejetés au dehors, tandis que le métal précieux se concentre au fond de la cuvette.

Le *pan* est employé par les Américains et les Australiens ; la *batée* par les Sibériens et les Nègres. Les Américains du Sud emploient un ustensile analogue mais plus petit, qu'ils nomment *poruña*.

La teneur en or du résidu est généralement évaluée au coup d'œil ; il suffira de dire ici qu'un prospecteur exercé sait distinguer une alluvion renfermant *trois centimes seulement* d'or *au mètre cube* d'une alluvion stérile.

Souvent, dans le cas d'alluvions riches, le lavage au *pan* est plus qu'un procédé de prospection ; il devient procédé d'exploitation.

Il est rare d'ailleurs que cette industrie rudimentaire ne nécessite quelques travaux propres à dégager l'alluvion aurifère ou la partie inférieure de cette alluvion, qui d'ordinaire est la plus riche ; telles sont les galeries souterraines creusées par les Sartes de la Boukharie orientale dans le but d'extraire les alluvions qui gisent au-dessous du niveau actuel des eaux. Ces pauvres gens sont à ce point dénués de procédés pratiques, que les boyaux de 1 kilomètre et plus qu'ils creusent sont parfois l'œuvre de plusieurs générations et se lèguent de père en fils comme propriétés reconnues par la loi et les coutumes. En raison de l'exiguïté de ces boyaux, les enfants seuls peuvent en retirer les matériaux, alluvions et autres. Ils emploient à cet effet des hottes pouvant en contenir 10 à 12 kilogr.

Dès qu'un lavage au pan a démontré la présence de l'or dans une alluvion, on se préoccupe de déterminer la situation de la couche la plus riche : celle-ci, on l'a dit, se trouve d'ordinaire à la partie inférieure de l'alluvion ;

même la roche servant de support à l'alluvion peut contenir un peu d'or, qui s'y sera introduit par infiltration. La couche la plus riche reconnue, on exécute divers sondages plus ou moins éloignés du premier, qui délimitent le placer. L'exploitation moyenne ou intensive peut alors intervenir.

Les prospections devant servir de base aux grandes exploitations sont préparées de longue main et suivant des principes particuliers aux diverses régions où elles ont lieu.

En Sibérie, dès que les rivières commencent à geler, au mois de novembre, les expéditions ou *parties*, composées de vingt, quarante individus et plus, se mettent en route et se rendent sur le théâtre de leurs recherches. Elles y exécutent pendant les grands froids (30° et 40° centigrades sous zéro) des puits nommés *chourfs*, de section carrée, de $1^{m},50$ à 2 mètres de côté, et situés à environ 50 mètres les uns des autres, sur une ligne perpendiculaire à la vallée qu'il s'agit d'explorer. Souvent les travaux à exécuter sont extraordinairement pénibles, car dans ces régions glacées le gel du terrain atteint des profondeurs incroyables ; c'est ainsi que dans le bassin de la Léna, où de riches alluvions sont exploitées à 25 et 30 mètres au-dessous de la surface du sol, celles-ci sont converties en roc par le froid. Or les terrains gelés ne peuvent s'abattre au pic ; ils résistent à cet outil, car ils se matent à la façon du plomb. Il faut, soit les laisser dégeler par le soleil, à raison de $0^{m},10$ par jour, soit s'aider du feu, et encore avec d'infinies précautions, le feu transformant ce roc en une boue liquide qui vient combler les puits.

Au printemps, les *parties* regagnent les régions civilisées et l'examen du registre des sondages fait connaître s'il y a lieu ou non d'exploiter le placer étudié.

Les frais d'une partie de 10 hommes s'élèvent à environ 30 000 francs.

En Guyane, les choses se passent un peu différem-

ment. Tout le monde y cherche l'or, soit pour son propre compte, soit pour le compte d'autrui. Souvent même ces deux conditions sont cumulées.

Là, les prospecteurs commencent par se munir d'une de ces pirogues du pays qui, creusées à l'aide du feu dans un tronc d'arbre, sont d'une solidité à toute épreuve et reviennent à la somme modique de 250 à 300 francs. Ces embarcations peuvent emporter 1200 kilogr. de fret.

D'ordinaire, une expédition comporte plutôt deux pirogues et se compose de 7 à 8 hommes, plus une femme, qui cumule les fonctions de blanchisseuse et de cuisinière.

On emporte des vivres pour six semaines ou deux mois : manioc, riz, morue, lard, tafia pour les nègres, farine et biscuit en sus pour les Européens. On emporte aussi ses ustensiles de chasse et de pêche, destinés à assurer des vivres frais au personnel.

Le départ a lieu à l'époque des eaux moyennes ; c'est alors que la navigation offre le moins de dangers et n'exige qu'un nombre restreint de transbordements au passage des rapides.

Arrivée au lieu de prospection, l'équipe creuse des trous rectangulaires de un mètre sur deux et examine les sables au moyen de la poruña.

La recherche dans les lits des rivières desséchées est relativement facile. Il n'en va pas de même pour les régions boisées où un réseau inextricable de troncs énormes, de lianes, de souches, de racines vient s'opposer aux travaux. M. Levaf, dont les ouvrages font ici autorité, estime que les frais de déboisement et de dessouchement d'un hectare de forêt atteignent environ 2000 francs si la largeur de l'emprise ne dépasse pas 20 à 30 mètres, et s'élèvent au double si cette largeur d'emprise est portée à 50 ou 60 mètres. Ce déboisement s'effectue à la hache, travail que les indigènes savent exécuter avec une merveilleuse adresse, profitant de l'enlacement général des arbres par

les lianes pour les abattre par *rideaux*. Ils choisissent à cet effet deux chefs de file, deux gros arbres touffus, enlèvent les menus bois qui se trouvent entre les deux, entaillent ensuite jusqu'au cœur les arbres intermédiaires et attaquent enfin les deux chefs de file ; la chute de ceux-ci entraîne tous les autres. Les arbres abattus sont débités par morceaux, emportés à dos d'homme ; un second rideau est alors abattu, et ainsi de suite. Reste à effectuer le dessouchement, plus aisé qu'on ne le penserait, grâce à cette circonstance que les arbres guyanais sont à racines traçantes et non pivotantes.

D'ordinaire, les prospecteurs demandent un permis de recherches pour la région qu'ils ont en vue ; le coût est de fr. 0,10 par hectare et le permis est valable pendant deux ans.

S'ils n'ont point pris cette précaution, le placer qu'ils découvrent appartient au premier d'entre eux qui vient le déclarer à Cayenne. Ils se livrent en ce cas à des luttes de vitesse souvent épiques, parfois dramatiques. Un des plus riches placers du pays a été l'objet d'une compétition de ce genre ; le plus fort pagayeur l'emporta. L'histoire en est restée légendaire.

En Guyane, comme en Sibérie, la superstition a une large part dans la recherche des gisements aurifères. Une grande importance est attribuée au nom du placer. En Sibérie, nombreux sont les Blagoviestchensk (Bonne-Nouvelle), les Nadiéjda (Espérance), les Vissioly (Joyeux), les Rodjestvensky (Noël), les Préobrajensky (Transfiguration), les Vozdvijensky (Érection de la Croix) ; en Guyane on trouve les « Pas-trop-tôt, Enfin, Dernière Chance, A-Dieu-Vat, Dieu-Merci, Tard-Venu, » etc.

Et nous arrivons ainsi à l'exploitation industrielle, préparée par la prospection et le simple lavage à la batée.

Dans l'industrie moyenne, on se préoccupe d'accélérer le lavage à la batée au moyen d'instruments appropriés.

Le *Cradle*, *Rocker* ou *Berceau*, sorte de caisse de bois rectangulaire d'environ un mètre de côté, est l'appareil le plus simple parmi ceux qu'on emploie d'ordinaire. On lui imprime un mouvement de va-et-vient, qui a pour résultat de rejeter l'eau et le sable dont on le remplit, et de faire descendre l'or au fond. C'est l'outil préféré des Chinois.

Le Cradle a été perfectionné récemment de manière à élever son débit de lavage à 15 mètres cubes de gravier par jour.

Ensuite vient le *Long-Tom*, qui est formé d'une boîte inclinée de $3^m,60$ de long sur $0^m,30$ à $0^m,60$ de large. On y verse un mélange d'eau et d'alluvions qui s'écoule peu à peu, tandis que l'or est retenu sur le plancher par de petits taquets tellement disposés qu'ils constituent des rigoles. Il est d'usage de débourber l'alluvion et de la tamiser avant de la passer au Long-Tom ; la consommation d'eau s'en trouve réduite.

Le fond du Long-Tom chinois présente une particularité intéressante : il est percé de trous qui laissent tomber l'or dans une caisse fermée à clé.

Le Long-Tom boukhare est construit à même le sol, au bord de l'eau, en raison de la pénurie de bois ; son plancher d'argile est garni de bandes de feutre en poil de chameau, qui retiennent l'or.

Le Long-Tom est encore utilisé en Sibérie sous le nom de *Stanock*, sur les rives aussi de la mer de Behring, dont les sables sont aurifères.

C'est le principal instrument employé au *Placer Union*, qui occupe 4 milles de longueur sur les bords de l'Océan Pacifique, à 500 kilomètres environ au nord de San-Francisco, à 25 kilomètres au sud de la rivière Klamath. La récolte du sable aurifère s'opère, soit sur la plage, à marée basse, soit dans une dune voisine de la côte. L'installation comprend trois long-toms. Le sable est tout d'abord distribué en tête d'une première table, de forme trapézoïdale, de 11 pieds de long, de deux pieds de large en tête,

de six pieds de large à son extrémité. Mélangé d'eau, il coule sur une seconde table de 6 × 6 1/2 pieds, percée de trous de 6 millimètres et formant crible : les cailloux stériles sont ainsi retenus et évacués aussitôt. De là, les sables fins passent sur une table de 6 × 6 pieds, couverte de plaques amalgamées, dont le mercure dissout l'or, puis sur une dernière table de 6 × 6 pieds encore, garnie de couvertures de laine qui retiennent les dernières particules du précieux métal.

Une machine de 16 chevaux élève l'eau nécessaire au lavage et monte aussi les sables à la hauteur des premières tables des 3 long-toms.

Les plaques de cuivre amalgamées, c'est-à-dire alliées de mercure, ont la propriété de dissoudre les particules d'or qui viennent à leur contact. Elles sont en cuivre recuit et mesurent environ 3 millimètres d'épaisseur. On les prépare comme il suit : tout d'abord on les frotte vigoureusement à la brique, pour détruire toute trace d'oxyde, puis on les lave à l'eau chaude et enfin on les frotte avec un drap imprégné de mercure ; bientôt, surtout si l'on s'aide d'un peu de cyanure de potassium, une tache blanche apparaît en un point de la plaque, s'étend et la couvre ensuite en entier. L'opération est alors terminée. Parfois on argente les plaques de cuivre avant de les amalgamer ; cela facilite la prise du mercure.

La récolte de l'or des plaques s'opère en les raclant avec des palettes de caoutchouc, car l'emploi des racloirs durs et, tout spécialement, métalliques leur est nuisible. On brosse ensuite les plaques et on les remet en état par une légère addition d'une lessive de cendres de bois et de cyanure de potassium.

Quant à l'amalgame d'or, obtenu, soit par l'usage des plaques, soit par le mercure versé dans les appareils destinés à laver les sables, on le presse d'abord dans une peau de chamois, ce qui élimine une part de mercure,

puis on le distille à la manière ordinaire : l'or reste sous forme de résidu.

Nous arrivons au *sluice*, le plus important appareil de l'industrie moyenne.

En principe, le sluice est un canal rectangulaire en bois, de longueur telle que, pendant le passage de la boue aurifère, le métal précieux ait le temps de se séparer des matières stériles et de venir se déposer sur le plancher inférieur, où se trouvent des dispositifs propres à le retenir.

Les sluices les plus courts n'ont jamais moins de 10 à 12 mètres en longueur : et ceux-ci exigent que les sables aurifères soient débarrassés des gros cailloux avant d'y être introduits, que les mottes argileuses soient broyées avant d'y pénétrer. Cailloux et mottes de terre risqueraient en effet d'entraîner certaines particules d'or n'ayant pu se fixer au fond de l'appareil dans un aussi court trajet.

Le sluice « normal » est construit sur place, en planches grossières non rabotées ; sa largeur usuelle varie entre 20 et 45 centimètres, sa profondeur de 15 à 25 centimètres et sa longueur de 16 mètres à 100 mètres et plus.

La partie supérieure de cette sorte de canal, qu'on incline de 10 à 20 degrés sur l'horizon, a le fond garni de petits tasseaux, destinés à désagréger les mottes d'argile. D'autres tasseaux, destinés à retenir l'or, sont placés à la suite de ceux-ci.

Une très grande quantité d'or fin serait cependant perdue, si l'on se bornait à laisser agir ceux-ci. On complète leur action par celle d'une certaine quantité de mercure, environ 2 kilogrammes, qu'on verse en tête de l'appareil et qu'on fait tomber en pluie fine, en le mettant au préalable dans une passoire ; retenu par les tasseaux, il retient l'or à son tour.

On nettoye fréquemment le sluice et, lorsqu'il est usé, on le brûle : ses cendres sont traitées comme des alluvions ordinaires.

Un sluice de $0^m,40$ à $0^m,45$ de largeur peut passer de un mètre cube et demi à deux mètres cubes de gravier par heure. Sa marche exige un surveillant, un nombre variable de déblayeurs, 6 ou 12 piocheurs pelleteurs, un homme placé tous les 5 ou 6 mètres pour enlever les gros cailloux et les mottes d'argile, deux ouvriers chargés de dégager la queue de l'appareil. Le rendement varie d'un demi-mètre cube à deux mètres cubes d'alluvions par journée d'ouvrier.

La question du débourbage et de l'élimination des gros cailloux est des plus importantes. Les tasseaux en bois sont insuffisants à produire ces effets. On arrive à produire le débourbage en ajustant sur le fond, dans la partie élevée de l'appareil, des sortes de griffes de fer ; à la suite de celles-ci, on dispose des grilles, analogues aux essuie-pieds métalliques actuellement répandus partout ; les vides en forme de losange de ces grilles retiennent les cailloux, qu'on peut enlever ensuite à la pelle.

Les sluices importants nécessitent des travaux préparatoires qui touchent parfois à la grande industrie et qui sont, outre le déboisage dont il a été parlé déjà, la construction d'un barrage en amont, l'établissement d'un canal amenant l'eau du barrage à la tête du sluice, enfin le décapelage ou enlèvement des stériles, recouvrant les alluvions aurifères.

Il est de toute nécessité que le barrage soit parfaitement bien construit et puisse supporter les crues, car sa rupture peut entraîner la ruine des exploitations placées au-dessous. Et puis, c'est un fait d'expérience qu'une fois emporté, un barrage est des plus difficiles à réparer, car les eaux, en l'affouillant, y creusent d'ordinaire une grande cavité qu'il importe tout d'abord de combler.

Ces barrages se construisent toujours en terre et en bois. Si la rivière n'a pas plus de 15 mètres de largeur, le plus simple est de pratiquer deux rainures en face l'une de l'autre dans un endroit escarpé et de superposer

les uns aux autres des troncs d'arbre, qui, placés perpendiculairement au fil de l'eau, s'appuient par leurs extrémités dans les rainures. Un second barrage identique est placé à deux ou trois mètres de distance, puis l'intervalle est comblé avec de la terre glaise battue. Enfin un piquetage en amont et un piquetage en aval, l'un et l'autre formés de pieux verticaux, s'appuyant sur les premiers troncs d'arbre, viennent consolider l'ouvrage. Le trop-plein s'établit sur l'une des rives, et sur l'autre on place la prise d'eau destinée aux chantiers.

Il sera question plus loin seulement des grands barrages, tels que ceux de Californie, qui emmagasinent jusqu'à 35 millions de mètres cubes d'eau et qui sont construits, comme bien on pense, tout différemment. Ils n'ont en effet rien de commun avec l'industrie moyenne de l'or, qui nous occupe seule ici.

Il nous reste à remarquer que l'opération importante du décapelage n'est pas toujours faite, et bien à tort, avec tous les soins désirables. C'est ainsi qu'en Guyane, les premiers stériles qui recouvrent la couche aurifère sont déversés sur le champ même d'exploitation, puis, une fois lavées les alluvions qui se trouvent au-dessous, sont remaniés à nouveau et rejetés sur ces alluvions, d'où le travail inutile d'un double transport.

Cette mauvaise méthode d'opérer provient de l'empressement fiévreux qu'ont les prospecteurs de faire les premiers lavages.

Dans une exploitation raisonnée, les stériles placés au-dessus de la couche aurifère doivent être, dès le début, transportés dans un endroit tel qu'ils ne gêneront en rien les travaux futurs.

Heureux encore sont les mineurs qui peuvent trouver assez d'eau dans les environs de leurs placers pour user de la batée, du long-tom, du sluice. Tels ne sont pas ceux de l'Australie occidentale.

Dans cette région désertique, comparable en tous points

à notre Sahara, aucune exploitation hydraulique n'était possible. Seul, le vannage devait donner des résultats appréciables.

Les premiers appareils, connus sous le nom de *knockers* (frappeurs), à cause du choc produit par un mouvement d'excentrique qui écoulait uniformément le sable à traiter, eurent peu de succès ; ils étaient encombrants et difficiles à régler. Peu à peu cependant leurs défauts furent corrigés et on est arrivé aujourd'hui à construire des vanneurs à peu près parfaits, formés essentiellement d'une plaque perforée ne donnant point passage aux gros cailloux, d'un tamis en zinc rejetant les cailloux moyens, d'un soufflet produisant un courant d'air à travers les mailles du tamis ; ce courant d'air sépare les parties terreuses de l'or, lequel tombe dans des sluices secs qui le retiennent. L'originalité du système consiste dans la présence de sortes de tuyaux verticaux qui retiennent l'or, tandis que les matières plus légères sont rejetées par les filets de vent qui passent à travers les trous du tamis et sont finalement expulsées.

Une observation importante : l'air doit être amené par une soufflerie intermittente et non en jet continu.

Les machines de ce genre, fabriquées sur place, reviennent à environ 200 francs. On a tenté de leur substituer, mais sans grand succès, des sasseurs.

Au contraire, M. Edison a réussi à résoudre, par un appareil spécial, un problème fort compliqué, sur lequel les vanneurs ordinaires n'avaient aucune prise.

Il s'agissait de traiter à sec les « Gold Mountains » du Nouveau-Mexique, situées à 35 milles au S.-W. de Santa-Fé. Grandes étaient les difficultés à vaincre. Le procédé à découvrir devait être très économique, l'appareil devait être capable de traiter de grandes quantités d'alluvions, d'en extraire aussi bien l'or en pépites que l'or fin ; enfin il devait donner un rendement élevé.

Après trois années d'études, M. Edison reconnut qu'à

la suite d'une simple chute dans un courant d'air horizontal, l'or se séparait des matières terreuses en vertu de son poids spécifique élevé ; il construisit sur cette donnée un appareil, où se trouvaient réalisées les qualités pratiques que voici : absence de variations dans la pression du courant d'air, écoulement régulier de la veine gazeuse, chute, sans vitesse initiale, de toutes les parcelles, aurifères ou non, appareil qui résolvait complètement le problème posé.

Nous voici bien près de la grande industrie, qui n'est qu'un prolongement de l'industrie moyenne, de même que celle-ci est un perfectionnement du simple lavage à la batée. Et nous allons voir que la grande industrie aurifère ne le cède en rien à l'industrie métallurgique, à l'industrie houillère, à nulle, en un mot, des exploitations, où le machinisme a réalisé les merveilles que l'on sait.

Cradles, long-toms, sluices ordinaires sont des appareils impuissants à laver les cubes énormes d'alluvions qu'exploitent les grandes sociétés, et surtout, les sables aurifères que recouvrent les eaux des fleuves.

L'appareil usité pour traiter ces derniers est la drague, d'invention, ou mieux, d'appropriation toute récente. Les premières machines de ce genre furent mises en service vers 1885 : c'était en Nouvelle-Zélande. Ce n'est guère cependant avant 1895 que les dragues furent communément employées.

La drague est un perfectionnement de la pelle à sable ou à gravier, emmanchée au bout d'une perche, au moyen de laquelle les orpailleurs tirent à eux le sable situé sous les eaux des rivières. Un premier progrès fut de manœuvrer non plus du rivage, mais à bord d'un radeau, et de remplacer la pelle par une sorte de poche à bords tranchants, puis, d'agrandir la poche, et de la remonter à l'aide d'une corde enroulée sur un treuil. Un sluice, destiné à laver le sable, fut adjoint au radeau, ainsi

qu'une pompe, propre à amener en tête du sluice l'eau nécessaire à ce lavage.

Cet appareil, encore primitif, est utilisé par les maraudeurs, en Sibérie orientale ; ils écrèment ainsi certains placers mal surveillés. Il a été en usage aussi en Nouvelle-Zélande.

On en a fait récemment un appareil parfaitement bien adapté aux besoins de la grande industrie. On construit actuellement un modèle de prospection, où la pelle est remplacée par une chaîne, portant des godets en acier doux, à lèvres coupantes ; les graviers y sont classés par une grille et les stériles évacués par un conduit spécial, placé à l'arrière ; les sables déposent leur or sur un véritable long-tom, enfin, le lavage est assuré par une pompe à chapelet, démontable, que manœuvre un seul homme. L'équipe est réduite à 6 hommes.

Le prix de cette petite drague ne dépasse point 5000 francs, et sa partie métallique, la seule qu'il y ait lieu de transporter, ne pèse que 1500 kilogrammes, le poids maximum des pièces étant de 45 kilogrammes.

En principe, les grandes dragues d'exploitation ne sont point autrement construites. La coque est formée par deux pontons parallèles, de faible hauteur, tenus à une distance suffisant au passage de la chaîne à godets et des bâtis la supportant. Cette forme assure le maximum de stabilité, aussi bien latérale que longitudinale, et ne nécessite qu'un faible tirant d'eau.

L'alluvion est extraite par une chaîne à godets et, tout d'abord, débarrassée de ses cailloux stériles par une grille, puis jetée dans une sorte de cuve où elle se débourbe sous l'action de jets d'eau puissants ; l'or tombe au fond de cette cuve avec le sable fin et le mélange passe par des trous, d'environ 15 millimètres de diamètre, dans un sluice approprié.

Une drague de 22 mètres de longueur totale, ainsi con-

struite, est capable de laver 50 mètres cubes de gravier à l'heure.

L'un des plus grands soucis des directeurs de dragage est l'évacuation des sables dont on a retiré l'or. C'est l'une des plus grandes difficultés de l'exploitation intensive des alluvions. Il faut, en effet, dans le cas présent, rejeter ces matières à une distance telle de la drague que l'ensablement de l'appareil soit évité, quelles que soient les positions d'attaque, fort variées, qu'il ait à prendre.

Dans l'exploitation des lits de rivière, on parvient à ce résultat en déplaçant la drague contrairement au sens du courant et en abandonnant les stériles vers l'aval : le courant se charge de les emmener, ou, tout au moins, fait qu'ils restent en place et n'entravent point les travaux postérieurs. Il n'en est plus de même quand la drague exploite un placer ordinaire arrosé par un simple ruisseau ou quand on entaille les berges pour exploiter l'alluvion placée en sous-sol. En raison du foisonnement des terres, qui font que le volume de celles-ci s'accroît de 30, 50 pour cent et plus, par leur simple lavage, des précautions spéciales doivent être prises : notamment, la drague doit pouvoir rejeter les sables par l'arrière à une hauteur telle qu'elle les accumule à un niveau supérieur à celui du terrain qu'elle attaque.

On y parvient en roulant les sables sur une sorte de plan incliné mesurant environ la moitié de la longueur de la drague entière et placé à l'arrière de celle-ci. C'est en cela que l'aspect des dragues à or diffère de celui des dragues ordinaires.

Le personnel nécessaire à la manœuvre d'une drague, lavant 50 mètres cubes de graviers à l'heure, se compose d'un chef de manœuvre, d'un mécanicien attaché à la machine motrice, d'un chauffeur s'occupant de la chaudière, d'un manœuvre, d'un ouvrier laveur, soit 5 hommes, au lieu des 6 que nécessite la conduite d'une petite drague de prospection. C'est une des bizarreries de la grande

industrie, qui, là comme ailleurs, tend à réduire la main-d'œuvre à un minimum. Il est vrai que le coût d'une grande drague s'élève à 3 ou 400 000 francs, somme dont l'amortissement équivaut au salaire des ouvriers nécessaires à en assurer le service.

Les dragues, comme tous les appareils de la grande industrie, permettent l'exploitation rémunératrice d'alluvions pauvres, c'est-à-dire ne renfermant que quelques centimes d'or au mètre cube, cela grâce à l'énorme volume de sable, 2 à 300 000 mètres cubes pour une drague, qu'elles permettent de traiter chaque année.

A ce type d'appareil se rattachent les excavateurs, qui n'en diffèrent guère que par leur but : l'attaque des alluvions sèches et non plus immergées. Les excavateurs sont dès lors montés sur roues et peuvent se déplacer sur des rails. Un excavateur moyen pèse 80 tonnes et revient à 120 000 francs.

Quels que soient les résultats que la grande industrie ait obtenus des dragues et des excavateurs, ceux-ci n'ont point suffi à son activité.

En dehors des placers exploitables par les méthodes que nous avons exposées, il en est qui nécessitent le remaniement de cubes de terrains énormes, de véritables montagnes, ce que ne pouvaient faire les dragues les plus puissantes.

Partant de ce principe, qu'un simple appareil d'arrosage, formé par un tonneau, élevé de quelques mètres au-dessus du sol, et par une manche d'arrosage que termine une lance en fer blanc, parvenait à déliter les alluvions, à rejeter les sables et à concentrer l'or, les Américains imaginèrent de construire des appareils analogues, mais de dimensions colossales, où le tonneau était remplacé par un réservoir immense, le tuyau par des conduites gigantesques, la lance par des ajutages puissants, capables

de diriger, sous de hautes pressions, des jets d'une masse et d'une force telles que l'esprit en est confondu.

Le tableau que voici donnera une idée des installations de ce genre faites en Californie :

PROPRIÉTAIRES	CAPACITÉS TOTALES EN MÈTRES CUBES	SUPERFICIE DES RÉSERVOIRS EN HECTARES	HAUTEURS MAXIMUM DES DIGUES EN MÈTRES	LONGUEURS MAXIMUM DES DIGUES EN MÈTRES	COUTS TOTAUX EN FRANCS
North Bloomfield C°	29 500 000	27,69	30,48	129,20	1 233 535
Eureka Lake C°	20 267 880	21,44	20,73	76,00	215 000
Milton C°	18 265 000	16,36	33,82	100,82	775 000
South Yuba C°	34 772 457	59,06	22,80	197,60	»
Blue Tenh C°	8 450 000	»	»	»	»
California C°	16 860 000	»	»	»	»
Eldorado	30 067 000	»	»	»	853 350
Spring Valley	»	»	57,15	389,12	»
Tuolumne	»	»	18,24	91,20	2 000 000

De tels réservoirs, nécessités par l'irrégularité du régime des eaux californiennes, région où seules les retenues provenant de la fonte des neiges sont capables d'assurer le travail d'été, sont tout simplement obtenus par le barrage de vallées. Les points choisis sont naturellement ceux où les vallées se resserrent et présentent des contreforts rocheux solides. Les matériaux employés varient avec les ressources locales ; parfois des blocs de granit, enchevêtrés sans mortier, sortes de murs colossaux en pierres sèches, forment la face antérieure de la construction, qui est ensuite revêtue de terre pilonnée ; alors la surface en contact avec l'eau est recouverte de planches, clouées sur des poutres horizontales et calfeutrées. Parfois encore, les barrages sont entièrement en bois, rocailles

et terres, le cadre étant constitué par des troncs d'arbre posés horizontalement les uns sur les autres ; les troncs de la première couche sont placés dans le sens du courant, ceux de la seconde perpendiculairement, ceux de la troisième dans le sens encore du courant, et ainsi de suite ; tous sont réunis par des pièces de fer.

Le barrage est toujours traversé par une prise d'eau, située un peu au-dessus du fond et construite avec des dalles de granit ; l'admission de l'eau y est commandée par des vannes.

Ces constructions gigantesques présentent une solidité telle que les crues envoyant 500 mètres cubes d'eau par seconde au-dessus de leur crête ne peuvent les ébranler.

La conduite des eaux se fait au moyen de fossés ou canaux, suivant, en général, les flancs de quelque vallée, et mesurant 2 à 3 mètres de largeur au plan d'eau, 1 à 2 mètres à la partie inférieure, $0^m,75$ à $1^m,50$ enfin de profondeur.

Dans des travaux aussi grandioses, tous les détails, si minces soient-ils, ont leur importance : c'est ainsi qu'on préfère un canal profond mais étroit à un canal large, mais peu profond, car, dans ce dernier, l'évaporation de l'eau se montre sensible.

Enfin, on se débarrasse des feuilles mortes et des glaces, qui pourraient obstruer le canal, en assurant par une forte pente, 2 à 4 millimètres par mètre, un écoulement rapide des eaux.

Le canal est creusé à même le sol, si celui-ci est consistant ; sinon, on le construit en pierres sèches, dont les vides sont comblés à l'aide de terre pilonnée ; dans les régions rocheuses, on le fait en bois et on le soutient alors à l'aide de chevalets. C'est sous cette dernière forme qu'on lui fait parfois traverser de larges vallées. Le Magenta Flume, en Nevada, est un modèle du genre. C'est un aqueduc véritable, supporté par des bâtis en bois d'une légèreté inouïe, et garanti du vent par des haubans

formés de simples fils de fer, qui viennent se rattacher au sol. A dessein, on l'a construit suivant un tracé sinueux : sa résistance au vent s'en trouve accrue.

Dans le Bracket Flume, en Californie, on a dû accrocher le canal à une falaise à pic, de plusieurs centaines de mètres d'élévation, au moyen de tiges et de crampons en fer.

L'emploi de tuyaux en tôle donne d'excellents résultats, et peu à peu ceux-ci se substituent aux canaux ordinaires; ils ont d'ailleurs été souvent employés autrefois, sous forme de siphons, pour la traversée des rivières. Ces tuyaux sont ordinairement employés par morceaux de 5 à 7 mètres et rivés à leurs extrémités sur un manchon en fer ; leur diamètre atteint et dépasse 1 mètre ; enfin, ils sont pourvus d'appareils de sûreté, tels que valves et soupapes à flotteurs, destinés à prévenir l'action destructrice des vides et des coups de bélier.

Pour le Milton Ditch, de 23 kilomètres de longueur, le creusement du canal est revenu à 402 000 francs, la fondation des 9 kilomètres de conduites à 95 000 francs, leur construction à 298 000 francs, les frais généraux à 59 000 francs, les indemnités à 8000 francs, soit au total plus de 860 000 francs, ce qui donne 16 fr. 90 pour le coût du mètre de canal et 45 fr. 24 pour celui du mètre de conduite.

Sept canaux californiens destinés à des exploitations aurifères dépassent 100 kilomètres ; ce sont ceux de la Milton C°, 135 kilomètres, du South Yuba, 198 kilomètres, de l'Excelsior C°, 101 kilomètres, de la Tuolumne C°, 201 kilomètres, de la California C°, 402 kilomètres ; mais le plus gigantesque est le Parc Canal, qui compte 407 kilomètres et qui a coûté dix millions de francs, soit 21 431 francs par kilomètre. Le moindre prix par kilomètre courant, soit 7458 francs, a été atteint dans le canal de la California C° ; le prix le plus élevé, 69 919 francs, se trouve être celui du canal de la com-

pagnie La Grange, qui, avec ses 32 kilomètres, a coûté aussi cher que le canal de la Milton C°.

Le plus fort débit, 1019 mètres cubes par minute, est celui du South Yuba Canal.

Le plus souvent, l'eau est fournie aux mines par des compagnies spéciales ou par des compagnies mixtes, à raison de fr. 0,65 à fr. 1,25 la journée pour chaque litre débité en une seconde ; ainsi un canal débitant 10 mètres cubes à la seconde se louerait 120 000 × 0,65, soit 78 000 francs au moins par jour ; ces prix sont à ce point rémunérateurs que certaines compagnies minières ont abondonné leurs propres exploitations pour vendre leur eau.

Quels que soient les moyens employés pour recueillir et amener les eaux sur les chantiers, une énorme pression est nécessaire à l'extrémité de la conduite d'adduction ; aussi les canaux débouchent-ils à une hauteur considérable au-dessus du point d'attaque, hauteur qui atteint parfois 100 mètres ; là, l'eau s'engouffre dans une dernière conduite en tôle, fortement inclinée, par l'intermédiaire d'une boîte carrée en bois solidement construite et pourvue d'une grille, destinée à arrêter les matières flottantes, et aussi d'un déversoir, donnant passage à l'eau en excès.

La conduite se termine en bas par une boîte carrée en fonte, munie de valves, où viennent s'embrancher les tuyaux de distribution de l'eau sur le chantier ; ces tuyaux se terminent eux-mêmes par des *ajutages* d'environ $0^m,20$ de diamètre.

Le débit de ces ajutages varie de 27 à 40 mètres cubes par seconde et la vitesse du jet atteint parfois *cinquante mètres par seconde*, tandis que la portée utile du jet est voisine de 60 mètres.

On conçoit l'action que de tels jets peuvent avoir sur les masses d'alluvions. Celles-ci fondent littéralement à vue d'œil, et des collines véritables disparaissent en

quelques heures. Ils coupent aisément les terrains les plus compacts, les transforment en torrents de boue et les entraînent dans d'immenses sluices disposés à cet effet, tandis que les dispositifs spéciaux, grues, grizzlies, under-currents, sont ménagés à l'effet d'enlever les gros blocs de rocher.

Enfin, l'efficacité du torrent est encore aidée par de gigantesques coups de mines, dont le chargement peut atteindre 1500 à 2000 barils de poudre pour chacun.

Les eaux et les graviers s'écoulent par un tunnel, comprenant à son intérieur les sluices, qui est creusé dans la partie inférieure de la couche aurifère. Les tunnels ont généralement $2^m,30$ de large sur $2^m,65$ de haut et aboutissent à des vallées placées en contre-bas ; leurs longueurs varient avec la topographie du terrain ; la longueur de certains tunnels est réduite à 50 mètres ; pour d'autres elle atteint plusieurs kilomètres ; ceux-ci nécessitent des ventilateurs ou des puits d'aérage. Le tunnel de la French Corral Mine a 1250 mètres de longueur ; son prix de revient s'est élevé à 825 000 francs ; pour l'American Mine et la North Bloomfield Mine, les tunnels, qui mesurent respectivement 1300 et 2700 mètres, ont coûté 700 000 francs et 2 500 000 fr.

La limite inférieure du prix de revient de ces exploitations est si faible qu'on a pu exploiter ainsi, et avec un certain bénéfice, des alluvions contenant fr. 0,175 seulement par mètre cube.

Malheureusement, il est rare que les énormes cubes d'alluvions délités ne viennent point à descendre dans les parties basses des vallées exploitées, à combler les lits des rivières, à susciter en fin de compte des inondations qui ruinent les travaux agricoles.

C'est ainsi que la rivière Tuolumne qui, avant de recevoir les débris d'exploitations hydrauliques, mesurait 170 mètres de largeur et $4^m,50$ de profondeur, eut son lit comblé en vingt et un mois ; partiellement nettoyée

par les crues printanières des deux années suivantes, elle était réduite, quatre ans plus tard, à une largeur de 10 mètres et à une profondeur de $0^m,30$. Dès cette époque, les eaux commencèrent à se répandre dans la vallée et à submerger les récoltes lors des crues.

Ces funestes effets atteignirent leur maximum d'intensité dans les comtés de Butte et de Mariposa. Les désastres furent tels que les populations agricoles s'insurgèrent et qu'une commission officielle, nommée par le pouvoir fédéral, en vint à prescrire de replacer les alluvions dans les situations qu'elles occupaient avant leurs exploitations.

Les mines qui peuvent se soumettre à cette condition sont en nombre si restreint que la méthode hydraulique s'est trouvée, du coup, arrêtée et ses 4000 kilomètres de canaux rendus inutiles, cependant que les 750 millions de francs qu'elle avait absorbés devenaient improductifs.

En présence des résultats grandioses de cette industrie, des 1375 millions de mètres cubes d'alluvions prêts aujourd'hui à être traités, on ne peut que souhaiter une entente entre les 130 000 mineurs et les 260 000 ouvriers agricoles actuellement en conflit.

II

LES FILONS AURIFÈRES

Les sables aurifères sont des roches aurifères désagrégées. Malgré le peu de rareté relative de ces sables, on peut dire que l'état normal de l'or natif est plutôt d'être mêlé, sous forme de filons ou d'amas, à des quartz compacts et de s'y trouver en compagnie de minéraux très divers.

Le traitement des sables repose sur un principe fort simple : le lavage. Au contraire, l'exploitation des filons

nécessite un broyage, suivi d'une opération analogue au lavage des sables et destinée à séparer l'or de sa gangue, réduite en poudre. Pour nombre de minerais, cette opération consiste à dissoudre l'or dans le mercure et à l'extraire ensuite de celui-ci. Pour d'autres, où le mercure se trouve être sans action, le chlore ou le cyanure de potassium lui doivent être substitués.

Quoi qu'il soit de ces diverses méthodes, le broyage leur est commun et il est produit par des appareils qui se réfèrent à trois types : les *concasseurs*, les *broyeurs*, les *finisseurs*, et, parmi ceux-ci, les célèbres *tube-mills*.

Les *concasseurs* sont des appareils à mâchoires, qui reçoivent les gros blocs extraits de la mine et qui les réduisent en morceaux de 15 à 50 millimètres.

Les plus employés sont les *Blake*, où la mâchoire mobile est suspendue par sa partie supérieure, et les *Dodge*, dont la mâchoire mobile tourne autour d'un axe, placé à sa partie inférieure.

Dans l'un et dans l'autre, le concassage s'effectue entre deux joues en acier à surface striée, particularité qui évite les glissements. Le mouvement alternatif de la mâchoire mobile s'obtient par le jeu d'un excentrique.

Ces appareils sont fort massifs et leur poids varie, suivant les modèles, de 73 kilogr. à 27 000 kilogr. Les plus puissants peuvent broyer 25 tonnes de minerai par heure; ils exigent l'action d'une machine à vapeur de 40 chevaux et débitent des blocs de 75 centimètres de diamètre.

On leur préfère quelquefois le *Gyratory Cruscher*, sorte de gros moulin à noix, analogue aux moulins à café. Le grand modèle, mû par une machine de 125 à 175 chevaux, broie 300 à 500 tonnes par heure de blocs mesurant $1^m,20$ sur $0^m,50$.

Au sortir des concasseurs, le minerai, réduit en morceaux de 5 centimètres environ, passe dans un broyeur proprement dit, broyeur à pilons, broyeur à écrasement,

moulin à boulets, qui peuvent indifféremment travailler soit à sec, soit avec une circulation d'eau entraînant les poussières obtenues. Ce dernier mode est, en général, préférable.

Ces appareils effectuent eux-mêmes le tamisage nécessaire et retiennent automatiquement les morceaux de minerai qui ne sont point réduits à la dimension voulue.

Les broyeurs à pilons ont pour type le *moulin californien à bocards*. C'est le broyeur le plus répandu. Il broie à l'aide de pilons, composés chacun d'une tige ou flèche, d'un taquet, d'une tête et d'un sabot, travaillant sur un dé, dans un mortier, et soulevés chacun aussi par une came. L'ensemble de plusieurs pilons forme une batterie.

Le poids de chaque pilon varie de 150 à 675 kilogr., leur nombre pour chaque appareil est de 3 à 10, la force motrice nécessaire à l'action d'une batterie de 2 à 50 chevaux, la production par heure de 100 à 2400 kilogr. ; le poids d'un appareil à pilons complet peut atteindre près de 75 tonnes et n'est jamais inférieur à 10 tonnes ; enfin tous donnent de 80 à 90 coups de pilon par minute. Ces broyeurs réduisent le minerai en grains d'environ 1 millimètre de côté.

Il est de toute importance de les asseoir sur des fondations d'une solidité exceptionnelle, sans quoi les chocs répétés des pilons disloquent promptement les bâtis, ce qui amène la rupture des flèches.

Les mortiers sont en fonte. Au contraire, les dés dont on en garnit le fond sont en acier forgé, ainsi que les sabots qui viennent frapper sur les dés, ou plutôt sur les blocs interposés entre eux-mêmes et les dés. En trois mois, un dé de 26 centimètres de hauteur, ayant travaillé sans interruption, est réduit à 3 centimètres et, par le fait, mis hors d'usage ; il en est de même des sabots. On compte ainsi que le broyage d'une tonne de minerai consomme un peu plus de 300 grammes d'acier.

Le broyeur à pilons est remplacé dans nombre d'ex-

ploitations par le *moulin chilien*, qui, procédant par écrasement, se compose essentiellement d'une aire circulaire, garnie d'une sole métallique en fonte ou en acier, sur laquelle roulent une ou plusieurs grosses meules à axe horizontal. Ces moulins sont surtout employés dans la région de l'Oural, tandis que les broyeurs à pilons le sont exclusivement au Transvaal. Un moulin à trois meules, pesant chacune 3500 kilogrammes, peut broyer 7 à 10 tonnes de minerai en 24 heures. A ces moulins on peut rattacher les cylindres broyeurs où le minerai, passant entre deux rouleaux massifs, se réduit par là-même en poussière. Deux paires de cylindres peuvent aisément broyer 150 tonnes de minerai dur en 24 heures.

Tout différents sont les moulins à boulets, instruments récents dont l'industrie de l'or tire actuellement un excellent parti.

Ces broyeurs sont formés d'un tambour cylindrique, où des boulets en acier forgé sont en contact avec le minerai. Au repos, le minerai et les boulets remplissent la moitié inférieure du tambour. A la vitesse de 40 tours par minute, la force centrifuge répartit également le minerai et les boulets dans l'intérieur du tambour et les déplacements imprimés aux boulets font qu'ils broient peu à peu la masse en contact avec eux.

Le diamètre des tambours varie de $1^m,36$ à $2^m,75$, leur largeur de $0^m,77$ à $1^m,57$, le nombre de tours par minute de 18 à 35, le poids d'un jeu de boulets de 200 à 1400 kilogrammes, la force motrice nécessaire à la marche d'un tambour de 2 à 30 chevaux, le débit par heure de 200 à 1600 kilogrammes.

L'enveloppe des cylindres est formée par des plaques d'acier, disposées parallèlement à leur axe ; trois de celles-ci sont soulevées automatiquement pendant la rotation par des griffes fixes, ce qui permet et l'entrée et l'évacuation du minerai.

L'or des minerais pulvérisés dans les broyeurs à pilons, dans les moulins californiens, dans les cylindres à boulets, est souvent recueilli de suite au moyen du mercure. C'est ainsi que, dans les broyeurs, des plaques amalgamées intérieures, extérieures et aussi du mercure versé à la main se chargent de cette opération. Cela exige que dans ces divers appareils le broyage soit poussé fort loin.

Cependant les broyeurs dont nous venons de parler conviennent mal à réduire le minerai en poudre très fine, comme il est nécessaire ; leur véritable destination est plutôt de l'amener à l'état de grains mesurant 3 millimètres environ. Aussi bien, la grande industrie traite ces grains par des appareils spéciaux : les *finisseurs*, qui appartiennent à deux catégories bien distinctes : les finisseurs qui ont recours à la force centrifuge et les *tube-mills* ou *flint-mills*, tout à fait semblables aux broyeurs à boulets.

Ces derniers appareils ont acquis une telle célébrité qu'il ne sera pas inutile de les décrire ici avec soin.

On sait depuis fort longtemps que des corps durs, placés dans un cylindre fermé et soumis à un mouvement de rotation, se réduisent en poudre, tant par leur frottement entre eux que par frottement sur les parois du cylindre. C'est ainsi qu'on pulvérisait autrefois les racines d'iris dans des cylindres ; ceux-ci étaient en tôle émaillée, la poudre obtenue ne pouvant supporter le contact du fer.

Plus tard, on s'aperçut que la rapidité du broyage était considérablement augmentée, quand on introduisait dans l'appareil, avec les corps à traiter, des boulets faits d'une matière dure, rapidité qui s'accroissait encore quand ces boulets étaient de diamètres différents, les plus petits d'entre eux venant s'intercaler entre les plus gros et la surface de frottement s'en trouvant accrue.

Lorsque le cylindre tourne, les boulets sont relevés jusqu'à une certaine hauteur, puis retombent à la surface de la masse et broient les matières qui se trouvent en

recevoir le choc. C'est le principe du broyeur à boulets, c'est aussi le principe du *tube-mill*.

L'expérience a montré qu'il est nécessaire d'opérer dans un cylindre non pas fermé, mais permettant la circulation continue des matières, et d'augmenter le nombre des boulets au fur et à mesure que le broyage s'accomplit.

Ces conditions sont réalisées dans le *tube-mill* ; les matières à broyer, introduites par la partie centrale d'une des extrémités, sortent librement par l'autre extrémité, à travers des ouvertures convenables, ménagées à la périphérie ; cela fait que le volume des matières à broyer diminue automatiquement de manière constante d'une extrémité à l'autre du cylindre, tandis que les boulets, agissant sur la matière fine en train de s'écouler, se trouvent être répartis uniformément dans toute la masse, d'où le résultat demandé.

Ajoutons que les boulets sont ici des galets de quartz, provenant du Groënland.

Les tube-mills exigent une force motrice importante. Un appareil moyen de $1^{m},20$ de diamètre intérieur, de 5 mètres de longueur, contenant 5 tonnes de galets et réduisant par heure 3000 kilogrammes de minerai en grains de $1^{mm},5$ au diamètre de $0^{mm},1$, exige un moteur de 30 à 35 chevaux. Le prix d'un semblable tube-mill s'élève à 25 000 francs.

Ces machines donnent d'excellents résultats ; l'adjonction de l'une d'entre elles à un pilon de 25 têtes, dont elle finit le travail, double la production de celui-ci.

C'est à tort cependant qu'on a regardé leur introduction au Transvaal comme le signal d'une révolution dans l'industrie de l'or. C'est un perfectionnement, sans plus, aux méthodes usitées jusqu'alors.

L'or des minerais broyés est amalgamé au moyen de plaques de cuivre recouvertes de mercure et placées soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des moulins. Pour certains minerais, il est nécessaire en outre de concentrer l'or

ayant échappé à l'action de ces plaques et qui se trouve disséminé dans la masse déjà broyée. C'est le cas sur tout des minerais sulfureux sur lesquels le mercure n'a pas d'action. On y arrive au moyen des *concentrateurs*.

Dans certains de ces appareils, on utilise les densités relatives des particules, pour obtenir une séparation à l'aide de secousses sur un plan incliné où coule une nappe d'eau. Dans d'autres, on fait effectuer le dépôt des particules aurifères, mélangées à l'eau et aux matières étrangères, sur une surface inclinée immobile, tandis que les matières étrangères sont entraînées par un faible courant d'eau.

La question du traitement des dépôts aurifères effectués dans les concentrateurs a une importance telle qu'il nous la faut traiter spécialement.

Je vais donc clore ici la question du broyage. Pour conclure, je citerai quelques chiffres, montrant ce que peut être son importance économique.

M. Levat estime que le broyeur de 20 pilons est le type minimum à employer dans une exploitation moyenne. Pour ce type de broyeur, 300 000 litres d'eau à mélanger aux matières à pulvériser sont nécessaires pour chaque journée de 24 heures de travail. Les pilons les meilleurs pèsent 450 kilogrammes chacun, ont une course de 17 centimètres et frappent 90 coups par minute. Le concasseur doit broyer 6 tonnes à l'heure et réduire le minerai en grains de 35 millimètres ; 15 chevaux lui sont nécessaires, tandis que le moulin à pilons en absorbe 50, et les deux concentrateurs à ajouter, 1 à 2. Enfin, l'installation comporte 4 tables d'amalgamation, un classificateur hydraulique et un appareil à distiller l'amalgame de mercure. Le prix de revient total d'une usine de ce genre est d'environ 300 000 francs. Le prix du traitement varie de 1 à 25 francs par tonne de minerai, le chiffre de 10 francs devant être regardé comme une moyenne convenable.

Voici quelques données relatives à la mine *City and*

Suburban, qui peut être prise comme type moyen des exploitations sud-africaines :

ANNÉE	NOMBRE DE PILONS	TONNES BROYÉES	VALEUR DE L'OR (en Livres)	TENEUR Pr TONNE (en Schell.)	COUT Pr TONNE (en Schell.)	PROFIT Pr TONNE (en Schell.)	BÉNÉFICE NET (en Livres)
1894....	50 à 130	109.849	263.787	47/10	31/10	16/	88.327
1895....	120 à 170	196.040	396.695	40/5	28/6	11/11	117.255
1896....	120 à 160	202.850	384.019	37/10	26/4	11/6	116.997
1897....	160	226.865	495.008	43/6	24/	19/6	220.503
1898....	160	218.116	482.048	44/2	25/	19/2	208.923
1899 (9 mois)	160	175.076	440.918	50/4	25/9	24/7	215.309
1901....	55	46.564	129.886	56/	27/5	28/9	66.751
1902....	75	107.840	247.353	45/10	27/9	18/1	97.485
1903....	115	181.200	389.478	43/	21/1	22/11	196.869
1904....	160	257.700	455.849	34/8	20/6	14/2	197.339

Certains minerais sont, soit en partie, soit en totalité, rebelles à l'amalgamation. Leur traitement de début est analogue à celui qu'on applique aux minerais amalgamables : on les concasse, on les broie, on les concentre ; on fait alors agir non plus le mercure mais le *chlore*, les *cyanures* ou les *bromo-cyanures alcalins*, qui, les uns et les autres, ont la propriété de dissoudre l'or libre ou engagé dans des combinaisons chimiques diverses.

Les progrès extraordinaires réalisés récemment dans l'industrie de l'or, tiennent autant à la mise en œuvre de ces agents chimiques qu'à la découverte des mines du Transvaal C'est dire quelle est leur importance. Le simple exemple du minerai de *Mount-Morgan*, en Australie, montrera ce qu'ils peuvent donner. Sa richesse varie de 250 à 300 grammes d'or à la tonne. Malgré les plus minutieuses précautions, le mercure n'en retirait que 150 à 200 grammes de métal précieux, quand l'emploi du chlore vint donner toute satisfaction et porter la valeur de la mine à 400 millions de francs. Il est vrai qu'elle fut achetée 3200 francs seulement en 1873 ; encore son propriétaire n'avait-il fait connaître la présence de l'or sur ses terres qu'en échange de la quantité de whisky qu'il pourrait boire en un jour !

On sait depuis fort longtemps que l'or est soluble dans le chlore.

En 1879, Mears observa que certain minerai, grillé, puis introduit dans un tonneau tournant avec du chlore sous pression, était convenablement attaqué par ce gaz ; ce fut la première application industrielle de cette propriété du chlore. Peu après, Munktell imagina de mêler le minerai à de l'hypochlorite de chaux, dont le chlore était dégagé par un acide, et traita ainsi avec succès certains minerais de l'Oural. Mais, c'est à *Mount-Morgan*, dans le Queensland, que le procédé au chlore reçut les perfectionnements qui en ont fait un des plus puissants instruments propres à traiter les minerais aurifères non amalgamables.

Ici, le minerai, concassé, est broyé au moyen de cylindres, puis grillé à basse température, au rouge cerise, ce qui détruit les combinaisons organiques et chasse l'eau de cristallisation. On emploie à cet effet des fours à trois soles superposées, où le minerai est avancé mécaniquement par des râteaux. L'opération dure 3 heures ; puis, le minerai est déchargé, refroidi à l'air libre et introduit dans des barils, à raison de 400 litres d'eau, 20 kilogrammes d'acide sulfurique et 16 kilogrammes de chlorure de chaux.

Les douelles de ces barils sont en bois d'eucalyptus, les fonds en bois de fer. On leur donne $1^{m},05$ de diamètre intérieur et on les cercle de fer à l'extérieur ; l'intérieur est garni de feuilles de plomb, recouvertes elles-mêmes d'un garnissage en bois.

Après une heure et demie ou deux heures de rotation lente, 6 tours par minute, les barils sont ouverts et la pulpe jetée dans des bacs pourvus d'un lit de gravier, où on la laisse se clarifier ; la liqueur est portée ensuite dans des filtres à charbon de bois, substance qui possède la propriété d'en absorber l'or ; les charbons saturés sont incinérés et laissent enfin un résidu contenant 75 % d'or.

On peut se faire ainsi une idée du traitement général au chlore, qui, suivant la nature du minerai, varie quelque peu. En général, on précipite l'or de la solution retirée des bacs à l'aide de l'hydrogène sulfuré, obtenu en faisant réagir de l'acide sulfurique sur du sulfure de fer.

On opère, en général, sur 75 ou 100 tonnes de solution.

Les frais de ce traitement s'élèvent environ à 15 francs par tonne de minerai.

La chloruration est surtout appliquée aux minerais aurifères contenant des proportions importantes de bas métaux. Pour les autres minerais on lui a substitué avec avantage la *cyanuration*, qui, connue depuis longtemps, n'est entrée qu'en 1887 dans le domaine de l'industrie.

Ce procédé eut un succès considérable dans la mine *Robinson* au Transvaal ; il permit en effet de réaliser un bénéfice mensuel de 75 000 francs, pour une installation qui avait coûté précisément cette somme. Dès lors, sa fortune était faite et toutes les mines du Rand l'adoptèrent. On a calculé que six d'entre elles seulement seraient en état de distribuer des dividendes si la cyanuration ne leur prêtait point son concours.

Un point capital de cette méthode est qu'elle est sujette à des modifications aussi nombreuses que le sont les minerais. Cependant, on peut la résumer comme il suit.

Au Transvaal, après avoir retiré tout l'or amalgamable, on broie les résidus dans des *tube-mills* et on procède à leur concentration comme il a été dit. Puis, on traite séparément les sables fins et les poussières, les uns par une solution forte de cyanure de potassium, les autres par une solution faible, celle-ci employée en très grande quantité. L'or des solutions est ensuite précipité par la tournure de zinc.

En Amérique, le traitement par le cyanure est opéré après un broyage à 3 degrés suivi d'un grillage.

En Australie, à *Coolgardie* et à *Kalgoorlie*, on concasse, on broie, on grille le minerai, puis on le traite par le

mercure, ce qui en extrait le tiers de l'or contenu ; on conduit alors la pulpe dans des cuves de cyanuration, munies d'agitateurs, où on la laisse séjourner trois heures ; ensuite la pulpe est passée dans des filtres-presses ; les gâteaux obtenus sont traités à nouveau, et sous pression, par une solution de cyanure qui absorbe, ou peu s'en faut, les dernières traces d'or. A la compagnie *Great Boulder Perseverance*, le coût du traitement est de 36 francs par tonne de minerai ; on a ainsi extrait de cette mine pour plus de 18 millions de francs d'or en 1902.

Récemment, quelques sociétés ont substitué la *bromo-cyanuration* à la *cyanuration* simple ; ce procédé paraît être des plus intéressants, mais, il convient d'attendre, avant de se prononcer définitivement sur sa valeur.

L'extraction de l'or contenu dans la solution de cyanure de potassium a donné lieu à de nombreuses recherches. Le procédé au charbon de bois entraîne une consommation exagérée de cyanure et conduit à incinérer d'énormes quantités de ce corps, d'où risque de perte du métal précieux. Il est vrai que les lingots ainsi obtenus sont d'un titre élevé en or. L'aluminium est d'un prix trop élevé et ne peut pas être employé dans des solutions contenant de la chaux. Des méthodes électrolytiques ont été proposées, mais tendent à être abandonnées. Bref, l'emploi du zinc a été universellement adopté, malgré son inconvénient de donner des précipités à faible teneur d'or : 40 à 50 % seulement. Mais un progrès notable reste ici à réaliser. Ajoutons que, le cyanure de potassium étant un violent poison, son emploi doit être soumis à de grandes précautions ; même son antidote — mélange de sulfate ferreux, de potasse caustique, de magnésie en poudre — est d'ordinaire tenu en permanence à la disposition des ouvriers.

III

LES RÉGIONS AURIFÈRES

La production aurifère totale du monde entier s'est élevée en 1904 aux environs de 1823 millions de francs.

Les ÉTATS-UNIS comptent pour 440 millions dans ce chiffre énorme ; leur production en 1903 avait atteint 370 millions seulement. L'augmentation considérable, obtenue de l'année dernière à l'année précédente, tient aux mines du district de *Criple Creek* dans le *Colorado* et à celles de *Californie*, au développement aussi de l'industrie du dragage. Enfin des gisements d'or importants ont été découverts dans le bassin du *Tanana* en *Alaska*.

La production de l'Alaska en 1904 est évaluée à 45 millions, sur lesquels 25 millions ont été retirés des sables du *Cap Mome* et 15 millions de l'île de *Douglas ;* la mine Alaska Treadwell de cette dernière région traite annuellement 600 000 tonnes d'un minerai contenant seulement 10 francs d'or à la tonne ; ce sont les minerais les plus pauvres du monde entier ; les frais s'élèvent à 6 francs par tonne seulement et la mine paraît assurée d'un certain avenir. D'ailleurs, les exploitations de ces pays glacés prennent de jour en jour une plus grande extension, grâce à la construction de voies ferrées et de routes carrossables, à la sécurité aussi qu'y rencontrent aujourd'hui les prospecteurs.

Les perfectionnements récents apportés à la cyanuration ont considérablement amélioré le rendement des mines du *South Dakota* et en particulier de celle du *Homestake*, qui s'est élevé en 1904 à 25 millions de francs. C'est la mine d'or la plus importante du monde entier et en même temps l'une des plus pauvres pour la teneur des minerais, qui ne contiennent que 19 francs d'or à la tonne. Il est vrai que les frais ne s'élèvent qu'à

12 fr. 50. Elle traite actuellement 1 400 000 tonnes de minerai par an.

En *Nevada*, les opérations effectuées dans la région appelée *Goldfields* se sont améliorées par le fait qu'une voie ferrée a rendu plus aisées les communications locales.

Le *Montana*, le comté de *Fergus* présentent des signes certains d'amélioration.

En dernier lieu, le raffinage des immenses quantités de cuivre, tirées des mines des districts de *Butte* et de *Binham*, a produit encore une somme considérable de métal précieux.

L'AUSTRALASIE a vu sa production passer de 410 millions en 1903 à 450 millions en 1904 ; elle est actuellement le plus gros fournisseur d'or du monde entier. Les mines les plus importantes de cette région sont situées dans le district de Kalgoorlie ; elles sont au nombre de 16. Certaines mines australiennes ont fait des sondages à une grande profondeur, 4000 pieds et plus, sans arriver à des résultats favorables. Cependant un sondage au diamant, poussé jusqu'à 1900 pieds, dans la mine de *Great Boulder* a donné pleine satisfaction.

Six mines de l'*Australie occidentale* peuvent prétendre à un rang élevé dans l'échelle des grands centres producteurs : *Boulder Perseverance*, *Golden Horseshoe*, *Great Fingall*, *Great Boulder*, *Ivanhoe*, *Oroya Brownhill*. Elles sont bien conduites, et possèdent des réserves qui leur assurent une marche régulière, sur leur pied actuel de production, pendant plusieurs années.

Dans la *Nouvelle-Galles du Sud*, les exploitations cuprifères ont donné une notable quantité d'or. La mine *Waihi* a donné 16 millions de francs d'or. Elle possède actuellement 320 pilons et peut broyer 300 000 tonnes de minerai par an.

Le dragage s'est considérablement développé dans le sud de la *Nouvelle-Zélande*, où 160 dragues, actuellement en service, ont extrait des sables 50 millions de francs de

précieux métal ; il donne aussi de bons résultats dans la *Nouvelle-Galles du Sud* et en *Victoria*.

L'Ouest Africain, Gold Coast et Côte d'Ivoire, se tient au chiffre de 6 à 7 millions, en raison des abus dus à la spéculation. En *Égypte*, les résultats encourageants donnés par la mine *Um Rus*, du Soudan, a activé les recherches de districts aurifères et l'installation des exploitations projetées. En *Rhodesia*, les 25 millions d'or extraits en 1904 font entrevoir un avenir heureux.

En Asie, les placers de l'Oural s'épuisent de plus en plus, et les principaux centres de production sibériens sont ceux de l'*Amour*, de la *Léna*, de la *Transbaïkalie*. Les dragages se développent dans les régions de l'*Yénéssei*, de l'*Altaï* et des monts *Oural*. Les exploitations *coréennes* ont été arrêtées du fait de la guerre russo-japonaise, mais d'importantes découvertes ont été faites au *Japon*. Il est vraisemblable que l'exploitation de ces mines aidera à l'extension industrielle qui se prépare en ce pays, chargé, comme on le sait, d'une dette énorme, 4650 millions de francs environ, relativement à la pénurie de ses ressources financières. La production de *Sumatra* est en voie de prospérité, tandis que les mines de *Bornéo*, des *Célèbes* et de la *Nouvelle-Guinée* n'ont pas répondu aux espérances qu'elles avaient fait naître.

Aux *Indes anglaises*, les deux principales mines sont la *Champion Reef* et la *Mysor* ; elles paraissent avoir atteint leur période de production maxima ; leurs réserves de minerais s'épuisent.

La production d'or du Canada est localisée dans les placers des régions glaciales du nord-ouest et dépasse 50 millions de francs. La production s'y maintient à peu près constante, car l'épuisement des placers riches, qui en ont fait la réputation, est compensée par la mise au jour et l'exploitation de placers pauvres, et qui cependant sont rémunérateurs.

Au Mexique, l'industrie minière est en grand progrès.

Le principal centre de la production aurifère du pays est le district d'*El Oro*, à 90 milles de Mexico ; on y rencontre des mines, placées dans d'excellentes conditions et appelées à un grand avenir.

La production d'or des GUYANES, et surtout de la *Guyane française*, est en voie d'accroissement. Plus de 40 millions de francs d'or ont été extraits de la région de l'*Inini*, à 250 kilomètres dans l'intérieur, depuis sa découverte. L'ouverture du riche filon d'Adieu-Vat, dans la commune de Sinnamary, paraît devoir être le prélude d'un développement minier actif. Actuellement la production annuelle de la Guyane française est de 12 à 15 millions.

Le TRANSVAAL, où les capitalistes européens ont de si grands intérêts, mérite une attention particulière. Sa production en 1904 a atteint près de 400 millions de francs et a fini sous des auspices favorables.

L'introduction de la main-d'œuvre jaune a été un succès économique certain ; celle-ci suffit à assurer l'exploitation des mines existantes et la reconstitution des travaux abandonnés lors de la guerre ; elle permettra d'accroître la production dans une mesure notable. Le recrutement des Cafres est aussi devenu plus facile. On avait vu jusqu'à ces derniers temps ce phénomène d'une douzaine de grandes mines d'or du Transvaal, travaillant seulement à moitié de leur production totale, par suite du manque de bras. Cette situation a complètement changé depuis l'introduction de la main-d'œuvre jaune, et ces mines reprennent, dans l'ordre de production du monde entier, le rang qui leur est dû.

Parmi les quarante-trois principales mines du Rand, l'*Angels Gold*, la *City and Suburban*, la *Bonanza*, la *Crown Reef*, la *Crown Deep*, la *Driefontein*, la *Ferreira Gold*, la *Ferreira Deep*, la *Geldenhuis Estate*, la *Geldenhuis Deep*, l'*Henry Nourse*, la *May Consolidated*, la *New Primrose*, la *Robinson Gold*, la *Robinson Central Deep*, la *Robinson Deep*,

la *Rose Deep*, la *Simmer and Jack*, la *Village Main Reef*, la *Van Ryn* ont donné dans les premiers mois de 1905 les plus forts bénéfices.

La mine Ferreira Deep, qui en 1903 occupait le vingt-deuxième rang, est depuis lors passée au premier.

Parmi les dix-sept plus grandes mines du Transvaal, dix appartiennent à la classe des mines travaillant sur les affleurements, sept à la classe des mines travaillant les couches profondes.

La production totale de janvier dernier a atteint 39 600 000 francs.

Le prix moyen de revient actuel du traitement est de 48 francs par tonne ; on compte le voir tomber à 38 francs dans un avenir prochain. Ces chiffres, beaucoup trop élevés, devraient être moitié moindres, et la production du Transvaal devrait dépasser 1200 millions de francs par an.

D'ici cinq à six ans, les mines *Roodeport*, *Wemmer*, *Gimberg*, *Geldenhuis Estate* et *Crown Reef* auront épuisé leurs bons minerais ; déjà les administrateurs de la *Wemmer* ont jugé à propos de ne pas déclarer de dividende pour la première moitié du présent exercice ; il est vrai que, pour un capital initial de 12 000 livres sterling, graduellement monté à 90 000, la *Wemmer* a distribué 839 180 livres de dividende. Les mines *Geldenhuis*, *Main Reef*, *Balmoral*, *Spes Bona*, *York* et *West Rand Central* seront elles-mêmes bientôt épuisées.

Toutes ces mines pourront alors exploiter certains minerais pauvres qu'elles négligent actuellement et qui sont connus sous le nom de *Main Reef*. Cependant leur faible teneur moyenne, 16 francs à la tonne, ne permet guère de compter sur des bénéfices importants, encore que la mine *Crown* ait réalisé de beaux bénéfices dans une exploitation de ce genre, et que la *Robinson Deep* se préoccupe actuellement d'exploiter le Main Reef.

Quelques mines auront épuisé bien plus tôt encore leur minerai : la *Bonanza*, dont les bénéfices baissent à vue

d'œil, et la *Jampers*, à la fin de 1905; le *Champ d'Or* et le *Jubilee* en 1906; le *Salisbury* et le *Durban Roodeport* en 1909.

A ce moment, il est à craindre qu'une sorte de panique ne s'empare des porteurs d'actions des autres mines et que des titres de valeur ne soient alors vendus à des prix très inférieurs à ceux qu'ils pourront valoir. Il y aurait intérêt, et pour les mines à long avenir et pour les autres, à fusionner. On éviterait ainsi des liquidations dangereuses.

Il n'est pas inutile de faire observer à ce propos que la baisse actuelle des actions minières du Transvaal (ces cours actuels sont les plus bas qui aient été enregistrés depuis la guerre) ne tient point à un défaut d'exploitation, à une diminution de rendement. Bien au contraire, les chiffres que nous avons cités montrent que l'exploitation a reconquis l'importance que la guerre lui avait fait perdre : et la coopération, qui se généralise, l'augmentation notable du nombre des tube-mills, tendent de plus en plus à augmenter la production.

La dépréciation des actions minières tient à ce fait que les capitalistes anglais, qui en détiennent la majeure partie, sont obérés, par suite des sacrifices que la guerre leur a coûtés, et qu'il leur faut se ménager des disponibilités ; la lecture des revues économiques qui se sont occupées de la question ne laisse aucun doute sur ce point.

On le voit, l'industrie de l'or est l'une des plus importantes du monde entier, tant par la nombreuse main-d'œuvre qu'elle occupe, que par les capitaux considérables qui y sont engagés et par le mouvement d'affaires énorme qu'elle entretient.

Ce n'est point cependant, nous l'avons vu, qu'elle soit d'ordinaire une source de fortunes faciles; et peut-être est-ce ici le lieu de détruire d'un mot la légende des souterrains remplis d'or, qui tiennent une si grande place dans les contes anciens : les 1800 millions d'or actuelle-

ment extraits des mines du monde entier formeraient un cube de 3 mètres de côté seulement, occuperaient à peine une humble chambrette ; et tout l'or extrait du sol pendant la période de notre histoire ancienne et moderne ne remplirait certainement pas une salle mesurant 20 mètres de largeur, 30 mètres de longueur et 5 mètres de hauteur !

Nous sommes fort éloignés ici des cubes énormes de fer, de cuivre et même de plomb que l'industrie jette annuellement sur le marché. C'est donc à bon droit que l'or est dénommé métal précieux. Précieux, il l'est par sa rareté, par ses avantages économiques, qui en font l'étalon monétaire universel, par sa facilité au monnayage, par la beauté de son aspect. L'or est le roi des métaux, on l'a dit avec raison.

Vte R. DE MONTESSUS.

LES ORIGINES DE LA STATIQUE [1]

Chapitre XVI

LA DOCTRINE D'ALBERT DE SAXE ET LES GÉOSTATICIENS

1. *Comment s'est épurée la notion de centre de gravité L'influence de Képler*

Un système est en équilibre, lorsque tout changement de sa configuration ferait monter son centre de gravité. Ce principe est nettement formulé dans la lettre adressée, le 3 décembre 1639, par Galilée au P. Castelli ; il est non moins clairement énoncé dans la pièce sur la chute des graves, que Torricelli donna peu après. Toutefois, lorsque nous comparons les formes prises par ce même principe dans l'écrit de Galilée et dans celui de Torricelli, nous notons entre elles une différence essentielle.

Non seulement Galilée ne néglige pas, en principe, la convergence des verticales vers le centre de la Terre, mais encore la considération du point de convergence des verticales est un élément essentiel de ses déductions. Celles-ci gardent un reflet très net de cette doctrine, professée par Albert de Saxe et par maint scolastique, et à peine modifiée par Copernic : Un grave, qui est une

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1903, p. 463, avril 1904, p. 560, juillet 1904, p. 9, octobre 1904, p. 394, janvier 1905, p. 96, avril 1905, p. 462, juillet 1905, p. 115, et octobre 1905, p. 508.

partie de la Terre entière, a même nature que la Terre ; le centre de gravité de ce poids tend à s'unir à son semblable, qui est le centre de gravité de la Terre entière ; cette sympathie du semblable pour son semblable sauvegarde l'intégrité du globe.

Constamment, le langage de Galilée se conforme à cette doctrine. Après avoir défini le centre de gravité, il ajoute : « C'est aussi ce point qui tend à s'unir au centre du Monde, c'est-à-dire de la Terre, lorsque le corps peut tomber librement dans un milieu quelconque. » Il admet que « c'est ce centre de gravité, et ce centre seulement, qui tend à s'unir avec le centre commun ». A la fin de sa vie encore, au moment de donner de son principe un énoncé définitif, il parle du « centre commun vers lequel conspirent toutes les choses graves » ; il admet qu'un ensemble de graves « ne peut se mouvoir spontanément, si, par suite du mouvement pris, son propre centre de gravité ne gagne pas en voisinage par rapport au susdit centre commun ». Ce n'est pas, pour nos préjugés historiques modernes, un mince sujet d'étonnement que de voir Galilée faire reposer en entier sur la théorie scolastique d'Albert de Saxe le « théorème essentialissime », dont dépend la ruine de la Dynamique péripatéticienne.

Les raisonnements de Torricelli diffèrent profondément de ceux de Galilée ; non seulement Torricelli ne cherche plus à justifier son principe par la tendance qu'aurait le centre de gravité d'un ensemble de poids à se placer au centre des choses graves, mais encore il rejette résolument ce dernier point à l'infini, il traite les verticales comme parallèles entre elles. Les idées qu'il professe à cet égard sont des plus nettes.

« Voici, dit-il (1), une objection qui est des plus répandues auprès de très graves auteurs : Archimède a fait une hypothèse fausse en regardant comme parallèles entre

(1) Evangelistæ Torricellii *de dimensione parabolæ solidique hyperbolici problemata duo ;* ad lectorem proœmium, p. 9.

eux les fils qui soutiennent les deux poids pendus à une balance ; en réalité, les directions de ces deux fils concourent au centre de la Terre. »

Pour résoudre cette objection, Torricelli distingue nettement les machines concrètes, formées de corps pesants réels, sur lesquelles on expérimente, et les machines abstraites desquelles le géomètre raisonne ; c'est en celles-ci seulement que l'on peut considérer des surfaces pesantes sans épaisseur, des fils sans poids ; il est également permis d'y considérer les verticales comme des lignes parallèles. « Le fondement mécanique qu'Archimède a adopté (1), savoir, le parallélisme des fils de la balance, peut être réputé faux, lorsque les masses suspendues à la balance sont des masses physiques, réelles, tendant au centre de la Terre. Il n'est plus faux, lorsque ces masses (qu'elles soient abstraites ou concrètes) ne tendent point au centre de la Terre ni à quelque autre point voisin de la balance, mais vers quelque point infiniment éloigné.

» Toutefois, pour plus de brièveté et de facilité, nous ne nous écarterons pas du langage usuel ; ce point [infiniment éloigné] vers lequel tendent les masses suspendues à la balance, nous le nommerons encore *centre de la Terre...* »

Torricelli borne donc résolument le champ de ses déductions ; il le réduit à cette Mécanique abstraite où l'on traite la pesanteur comme ayant, en tout point, même intensité et même direction ; par là même, il transforme le principe entaché d'erreur qu'avait énoncé Galilée en un principe parfaitement correct. Quelles influences ont pu le déterminer à accomplir une telle transformation ?

Parmi ces influences, il convient de mentionner en premier lieu celle de Képler. L'opinion qui voit dans la gravité un désir de ce point mathématique, le centre de gravité du poids, à s'unir à un autre point mathématique,

(1) Evangelista Torricelli, *loc. cit.*, p. 11.

centre de l'Univers ou centre de la Terre, trouve en lui un adversaire convaincu. L'attraction mutuelle de *deux points mathématiques* lui paraît une pure fiction ; seuls, *deux corps* peuvent s'attirer ou se repousser l'un l'autre :

« L'action du feu, dit-il (1), consiste, non à gagner la surface qui termine le Monde, mais à fuir le centre ; non pas le centre de l'Univers, mais le centre de la Terre ; et ce centre non pas en tant que point, mais en tant qu'il est au milieu d'un corps, lequel corps est très opposé à la nature du feu, qui désire se dilater ; je dirai plus, la flamme ne fuit pas, mais elle est chassée par l'air plus lourd comme une vessie gonflée le serait par l'eau... Si l'on plaçait la Terre immobile en quelque lieu et qu'on en approchât une Terre plus grande, la première deviendrait grave par rapport à la seconde et serait attirée par elle comme la pierre est attirée par la Terre. La gravité n'est pas une action, c'est une passion de la pierre qui est tirée. »

« Un point mathématique (2), que ce soit le centre du Monde ou que ce soit un autre point, ne saurait mouvoir effectivement les graves ; il ne saurait non plus être l'objet vers lequel ils tendent. Que les physiciens prouvent donc qu'une telle force peut appartenir à un point, qui n'est pas un corps, et qui n'est conçu que d'une manière toute relative !

» Il est impossible que la forme substantielle de la pierre, mettant en mouvement le corps de cette pierre, cherche un point mathématique, le centre du Monde par exemple, sans souci du corps dans lequel se trouve ce point. Que les physiciens démontrent donc que les choses naturelles ont de la sympathie pour ce qui n'existe pas !

»... Voici la *vraie doctrine de la gravité :* La gravité

(1) Jo. Kepleri *littera ad Herwartum*, 28 mars 1605 (Joannis Keplerî astronomi *Opera omnia* edidit Ch. Frisch ; t. II, p. 87).

(2) Joannis Kepleri *De motibus stellæ Martis commentarii*, Pragæ, 1609 (Kepleri *Opera omnia*, t. III, p. 151).

est une affection corporelle mutuelle entre corps parents, qui tend à les unir et à les conjoindre ; la faculté magnétique est une propriété du même ordre ; c'est la Terre qui attire la pierre, bien plutôt que la pierre ne tend vers la Terre. Même si nous placions le centre de la Terre au centre du Monde, ce n'est pas vers ce centre du Monde que les graves se porteraient, mais vers le centre du corps rond auquel ils sont apparentés, c'est-à-dire vers le centre de la Terre. Aussi, en quelque lieu que l'on transporte la Terre, c'est toujours vers elle que les graves sont portés, grâce à la faculté qui l'anime. Si la Terre n'était point ronde, les graves ne seraient pas, de toute part, portés droitement au centre de la Terre ; mais, selon qu'ils viendraient d'une place ou d'une autre, ils se porteraient vers des points différents. Si, en un certain lieu du Monde, on plaçait deux pierres, proches l'une de l'autre et hors de la sphère de vertu de tout corps qui leur soit apparenté, ces pierres, à la manière de deux aimants, viendraient se joindre en un lieu intermédiaire, et les chemins qu'elles feraient pour se réjoindre seraient en raison inverse de leurs masses. »

On devine sans peine le rôle que de telles affirmations ont dû jouer en cette lente évolution qui a abouti à la doctrine de l'attraction universelle ; notre objet n'est point ici de retracer cette évolution (1). Il nous suffira d'avoir opposé la pensée de Képler, qui voit dans la pesanteur une attraction mutuelle entre le grave et chacune des parties du globe terrestre, à l'opinion d'Albert de Saxe, de Cardan, de Guido Ubaldo, de Galilée, opinion selon laquelle le centre de gravité d'un poids aspire à coïncider avec le centre commun des choses pesantes.

(1) Cf. : P. Duhem, *La théorie physique, son objet et sa structure*; 2e partie, ch. VII, § 2, p. 364. Paris, 1905.

2. — *Comment s'est épurée la notion de centre de gravité* (suite) — *Les géostaticiens*

Les critiques de Képler contribuèrent peut-être moins à réfuter cette opinion que les graves erreurs auxquelles elle conduisit divers géomètres, et non des moindres.

Vers l'an 1635, Jean de Beaugrand allait en tous lieux, annonçant qu'il avait découvert la loi selon laquelle le poids d'un corps varie avec l'éloignement du centre de la Terre. Mersenne s'empressait d'insérer (1), en son *Harmonie universelle*, l'énoncé de la loi dont Beaugrand promettait la démonstration. Selon cette loi, « un corps pesant, par exemple une balle de plomb d'une livre, devient d'autant plus légère qu'elle s'approche du centre de la Terre ; et elle ne pèse plus rien lorsqu'elle se joint audit centre, comme conclud Monsieur de Beaugrand dans sa Géostatique, où il tient que la pesanteur de chaque corps se diminuë en mesme raison qu'il s'approche d'avantage du centre de la Terre, et que mesme toute la Terre ne pèse point ».

Mersenne ajoutait (2) : « J'espère que celuy qui en a le premier avancé la proposition nous donnera telle satisfaction sur ce sujet, que l'on n'y trouvera plus de difficulté, comme il le promet dans sa Géostatique ».

Mersenne n'était pas le seul géomètre qui souhaitât de connaître la démonstration promise par Beaugrand ; Fermat n'attendait pas avec moins d'impatience la publication de la *Géostatique* ; le 26 avril 1636, il écrivait (3) au savant religieux : « Vous m'obligeriez beaucoup de me faire savoir si M. de Beaugrand est à Paris. C'est un

(1) *Harmonie Universelle*, par F. Marin Mersenne. *Seconde partie de l'Harmonie universelle*. Livre VIII, De l'utilité de l'harmonie et des autres parties des mathématiques. Proposition XVIII, p. 61. Paris, MDCXXXVII.

(2) Mersenne, *loc. cit.*, p. 63.

(3) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry. Tome II, *Correspondance*, p. 4.

homme duquel je fais une estime très singulière ; il a l'esprit merveilleusement inventif, et je crois que sa Géostatique sera quelque chose de fort excellent ».

La *Géostatique* annoncée depuis longtemps, ardemment désirée par les meilleurs géomètres du temps, parut enfin (1). Le désappointement dut être grand ; les raisonnements de Beaugrand ne valaient absolument rien.

Descartes (2) n'eut point de peine à démêler le vice essentiel qui faussait tout l'ouvrage ; les raisonnements d'Archimède touchant l'équilibre du levier ne sont vrais « qu'en cas qu'on suppose que les cors pesans tendent en bas par lignes parallèles et sans s'incliner vers un mesme point », et Jean de Beaugrand ne l'avait point compris ; à cette première erreur, d'autres paralogismes venaient se joindre, pour aboutir à la fameuse proposition que l'auteur avait pompeusement annoncée. Descartes, avec la rudesse qu'il apportait presque toujours dans ses jugements, mais avec une justice qui en était trop souvent exclue, appréciait la *Géostatique* en ces termes :

« Bien que j'aye vu beaucoup de quadratures du cercle, de mouvemens perpétuels, et d'autres telles démonstrations prétendues qui étaient fausses, je puis toutefois dire avec vérité que je n'ay jamais vu tant d'erreurs jointes ensemble en une seule proposition... Ainsi je puis dire pour conclusion que tout ce que contient ce livre de Géostatique est si impertinent, si ridicule et si méprisable, que je m'estonne qu'aucuns honnestes gens ayent jamais daigné prendre la peine de le lire, et j'aurais honte de celle que j'ay prise d'en mettre icy mon sentiment, si je ne l'avois fait à vostre semonce. »

Un tel jugement était peu propre à assurer à Descartes

(1) Joannis de Beaugrand, Regis Franciæ domui regnoque ac ærario sanctiori a consiliis secretisque, *Geostatice, seu de vario pondere gravium secundum varia a Terræ centro intervalla dissertatio mathematica* ; Parisiis, apud Tussanum Du Bray, MDCXXXVI.

(2) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery, tome II, *Correspondance*, p. 174 : Lettre de Descartes à Mersenne du 29 juin 1638.

l'amitié de Jean de Beaugrand ; celui-ci se répandit assurément en malédictions contre le philosophe (1), car nous voyons Descartes mander à Mersenne (2), le 27 juillet 1638, qu'il se soucie peu de ce que « le Géostaticien » écrit contre lui.

La *Géostatique*, d'ailleurs, ne paraît pas avoir trouvé, auprès des amis de Jean de Beaugrand, un accueil beaucoup meilleur qu'auprès de Descartes ; on en peut juger au ton de la lettre que Fermat écrivait (3) à Mersenne le mardi 3 juin 1636 : « J'ai vu la *Géostatique* de M. de Beaugrand et me suis étonné d'abord d'avoir trouvé ma pensée différente de la sienne ; j'estime que vous l'aurez déjà remarqué. Je lui envoie franchement mon avis sur son livre, vous assurant que j'estime si fort son esprit et qu'il m'en a donné de si grandes preuves, que j'ai peine à me persuader qu'ayant entrepris une opinion contraire à la sienne, je ne me sois éloigné de la vérité ; je consens pourtant qu'il soit mon juge et ne vous récuse pas non plus. »

Fermat, dans cette lettre, oppose son opinion à celle de Jean de Beaugrand ; lui aussi, en effet, avait avancé une proposition de Géostatique ; jointe, en mai 1636, à une lettre à Carcavi, qui est aujourd'hui perdue, cette proposition nous a été conservée (4).

La proposition de Géostatique donnée par Fermat va être le point de départ d'un débat long et important ; au cours de ce débat, nous verrons le conseiller au Parlement de Toulouse aux prises avec les plus grands géomètres de

(1) Les pamphlets anonymes que Beaugrand avait composés contre Descartes ont été retrouvés par Paul Tannery (Paul Tannery, *La Correspondance de Descartes dans les inédits du fonds Libri ;* Paris, 1896).

(2) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery, tome II, *Correspondance*, p. 253.

(3) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de Paul Tannery et Ch. Henry. Tome II, *Correspondance*, p. 14.

(4) Id., *ibid.*, p. 6 : Propositio geostatica Domini de Fermat.

son temps, Étienne Pascal, Roberval et, enfin, Descartes ; nous entendrons Fermat énoncer des théorèmes qui paraîtront étranges à notre raison, accoutumée à la Mécanique moderne ; nous le verrons développer des déductions qui nous sembleront absurdes. Gardons-nous cependant de croire ce débat oiseux, de penser qu'il n'a eu d'autre effet que de prouver à Fermat les contradictions, bien évidentes pour nous au premier abord, auxquelles se heurtaient ses opinions touchant la Statique. La querelle a une tout autre portée. Son sens exact, il est vrai, ne saurait nous apparaître, si nous ne nous débarrassions pour un instant des connaissances mécaniques que des efforts, accumulés pendant des siècles, ont rendues aisées et comme naturelles à nos intelligences du XXe siècle ; ce sens, au contraire, nous deviendra clair, si nous restaurons en nous l'état d'esprit d'un géomètre au temps de Louis XIII.

Deux doctrines bien distinctes prétendent alors traiter de l'équilibre et du mouvement du corps pesant.

L'une de ces doctrines a pris d'abord pour principe l'axiome fondamental de la Dynamique péripatéticienne ; certains mécaniciens, Galilée par exemple, tiennent encore pour cet axiome ; mais la plupart des géomètres l'ont plus ou moins formellement abandonné ; ils tirent leurs théorèmes de Statique de l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant, invoquée tout d'abord par Jordanus, ou d'autres principes liés à celui-là : telle l'impossibilité du mouvement perpétuel. Dans les écrits de Stevin et de Roberval, cette doctrine est parvenue à constituer une Statique complète, dont Descartes tracera bientôt un tableau, admirable de clarté et de simplicité.

L'autre doctrine a été formulée par Albert de Saxe ; la Scolastique entière l'a adoptée ; elle découle de ce principe : Il y a en tout grave un point, le centre de gravité, qui tend à s'unir au centre commun des graves. Bernardino Baldi et Guido Ubaldo ont exposé cette doctrine

avec une grande précision, tandis que Cardan, Mersenne et Galilée en tiraient cette règle de Statique : Un système demeure en équilibre lorsque tout dérangement éloignerait son centre de gravité du centre commun des graves.

Or, entre les deux doctrines, celle qui est née de Jordanus de Nemore et celle qui a été proclamée par Albert de Saxe, il y a contradiction ; celle-ci ne peut s'accorder avec celle-là ; les corollaires utiles qu'elle a fournis ne pourront être acceptés par ceux qui posent en principe l'égalité du travail moteur au travail résistant, tant qu'une correction convenable n'aura pas effacé en ces corollaires la marque du postulat inacceptable qui les a produits.

Cette contradiction va apparaître, parce que Fermat, disciple convaincu de la théorie inaugurée par Albert de Saxe, poussera celle-ci jusqu'à ses conséquences inacceptables. Le débat dont nous allons retracer l'histoire va donc débarrasser la Statique de la contradiction qu'elle recélait et assurer l'unité logique de cette science.

Qu'il faille voir en Fermat un disciple convaincu de la doctrine d'Albert de Saxe, c'est ce que nous marque le début même de sa *Propositio geostatica*.

Fermat prend pour principe « cette proposition qui », dit-il, « se prouve très aisément en marchant sur les traces d'Archimède et que l'on démontrerait incontinent si elle venait à être niée :

» Soit B (fig. 102) le centre de la Terre, BC un rayon terrestre, BA une partie du rayon opposé ; si le poids placé en C est au poids placé en A comme BA est à BC, les poids A et C ne se mouvront pas ; ils se feront équilibre. »

Étrange transposition des lois établies par Archimède ! Fermat applique la règle du levier au cas où les deux forces agissantes, dirigées toutes deux suivant le levier, sont opposées l'une à l'autre ; il est bien clair cependant que, pour se faire équilibre, deux telles forces doivent être égales, et non pas dans le rapport de AB à BC.

Ainsi nous exprimerions-nous en vertu des connaissances qui nous sont aujourd'hui si familières qu'elles nous paraissent être de toute première évidence. Gardons-nous, cependant, de regarder Fermat comme un homme dénué de sens qui n'aurait point su reconnaître cette évidence. La proposition qu'il énonce et qui nous surprend si fort est la proposition essentielle d'une théorie qu'un grand nombre de profonds penseurs ont soutenue, d'Albert de Saxe à Galilée.

N'est-ce pas, en effet, Albert de Saxe qui écrivait (1) :

« Si la masse entière de la Terre était violemment retenue hors de son lieu, par exemple en la concavité de

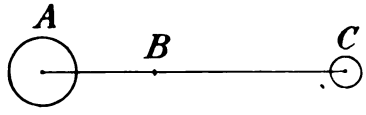


fig. 102.

l'orbe de la Lune, et si, d'autre part, on laissait tomber un corps grave, ce grave ne se mouvrait pas vers la masse totale de la Terre ; il se dirigerait en ligne droite vers le centre du Monde. La raison en est qu'il ne trouverait son lieu naturel qu'au centre du Monde, pourvu, du moins, que son centre de gravité fût au centre du Monde » ?

N'est-ce pas le même Albert de Saxe qui, disant de la Terre entière ce qu'Aristote, Simplicius, saint Thomas, avaient affirmé d'un grave quelconque, écrivait (2) :

« La Terre a son centre de gravité au centre du Monde. En effet, toutes les parties de la Terre tendent au centre par leur gravité, comme Aristote le dit textuellement ; d'ailleurs, la vérité de cette proposition est hors de doute. Par conséquent, la partie la plus lourde de la Terre pous-

(1) Alberti de Saxonia *Quæstiones in octo libros Physicorum ;* in librum IV quæstio V.

(2) Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo ;* in librum II quæstio XXIII.

serait l'autre jusqu'à ce que le centre de gravité de la Terre entière fût au centre du Monde. Alors ces deux parties de même gravité demeureraient immobiles, lors même qu'elles n'auraient pas même grandeur, comme deux poids dans une balance » ?

N'est-ce pas enfin Marsile d'Inghen qui expliquait, en ces termes (1), la théorie d'Albert de Saxe : « Si un clou était en équilibre au centre de la Terre, il n'y aurait qu'une faible longueur de ce clou d'un certain côté du centre, savoir, du côté où se trouve la tête du clou ; et cela parce que la tête est beaucoup plus lourde que le reste du clou » ?

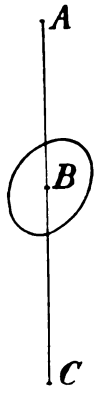


fig. 103.

Qu'est donc le postulat, si absolument inadmissible pour nous, qu'invoque Fermat, si ce n'est la conclusion de Marsile d'Inghen revêtue d'une forme mathématique précise ?

C'est au moyen de ce principe, dont la fausseté est pour nous d'une palpable évidence, que le grand géomètre toulousain justifie la proposition suivante :

Soient C le centre de la Terre (fig. 103), CA un rayon

(1) Johannis Marcilii Inguen *Quæstiones super octo libros Physicorum;* circa librum IV quæstio V.

terrestre et B un poids placé entre C et A. Pour soutenir ce poids placé en B, il faudrait lui appliquer *directement* une certaine force F. Supposons qu'au lieu d'appliquer cette force directement au point B, on la lui applique par l'intermédiaire de la tige AB, et que la force tire en A ; elle devra avoir une grandeur F' qui sera à F comme BC est à AC.

La conséquence est manifestement aussi inadmissible que le principe ; les deux propositions sont également propres à marquer l'extrême ignorance des lois de la véritable Mécanique où se trouvaient quelques-uns des plus grands géomètres du XVIIe siècle.

Le P. Mersenne, après avoir reproduit (1), dans son *Harmonie Universelle*, le raisonnement de Fermat, dit : « Je ne voy pas la force de cette démonstration. » Et Descartes écrit (2) au dit P. Mersenne : « Au reste, j'ay à vous dire que mon Limousin est enfin arrivé, il y a déjà huit ou dix jours, et qu'il m'a apporté la Géostatique, avec la lettre que vous m'avez écrite par luy, en laquelle vous avez mis un raisonnement de M. Fermat pour prouver la mesme chose que le Géostaticien. Mais soit que vous ayez obmis quelque chose en le décrivant, soit que la matière soit trop haute pour moy, il m'est impossible d'y rien comprendre, sinon qu'il semble tomber dans la faute du Géostaticien, en ce qu'il considère le centre de la Terre comme si c'estoit celuy d'une balance, ce qui est une très grande méprise. »

Fermat eut sans doute connaissance des objections que certains géomètres élevaient contre sa proposition ou des obscurités qu'ils y rencontraient ; pour lever les unes et dissiper les autres, il rédigea une pièce en latin (3), qu'il

(1) *Harmonie Universelle*, par F. Marin Mersenne. *Seconde Partie de l'Harmonie Universelle*. Livre VIII, De l'utilité de l'harmonie et des autres parties des mathématiques. Proposition XVIII, p. 63. Paris, MDCXXXVII.

(2) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery, t. II, *Correspondance*, p. 190 ; Lettres de Descartes à Mersenne du 29 juin 1638.

(3) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et

inséra dans une lettre adressée (1) à Mersenne le 24 juin 1636.

Le grand géomètre toulousain se plaint, tout d'abord, que l'on confonde son sentiment avec celui de Beaugrand, selon lequel le poids d'un grave dépend de sa distance au centre de la Terre : « J'estime que tout grave, en quelque lieu du Monde qu'il soit, hormis dans le centre, pris en soi et absolument, pèse toujours également, et c'est une proposition que j'aurais aisément prise pour principe, si je ne la voyais contestée. Je tâcherai donc à la prouver ; mais qu'elle soit vraie ou non, cela n'empêche pas la vérité de ma *proposition*, qui ne considère jamais le grave en soi, mais toujours par relation au levier, et ainsi je ne mets rien dans la conclusion qui ne se trouve dans les prémisses ».

La distinction invoquée par Fermat nous paraît aujourd'hui insaisissable ; pour la comprendre, il faut se souvenir que Fermat est imbu des opinions courantes dans l'École depuis Albert de Saxe ; il regarde comme invariable la gravité totale d'un corps ; mais de cette gravité constante, une part plus ou moins grande peut passer à l'état actuel et faire effort sur le levier, tandis que le reste demeure à l'état potentiel.

Fermat nous apprend ensuite (2) qu'il soupçonnait depuis longtemps Archimède de n'avoir pas apporté toute la précision désirable dans l'étude des Méchaniques ; il est clair, en effet, qu'il a supposé parallèles entre elles les directions de chute des graves ; hors de cette hypothèse, ses démonstrations ne peuvent subsister. Ce n'est point que cette hypothèse s'écarte beaucoup de la vérité ; la grande distance où se trouve le centre de la Terre permet de regarder les lignes de descente des graves comme

Ch. Henry ; t. II, *Correspondance*, p. 23 : Nova in mechanicis theoremata Domini de Fermat.

(1) Fermat, *loc. cit.*, p. 17.

(2) Id., *ibid.*, p. 23.

parallèles entre elles. Mais cette approximation ne saurait satisfaire ceux qui cherchent la vérité minutieuse et profonde.

Pour découvrir cette vérité, il faut faire usage de principes autres que ceux d'Archimède ; Fermat en propose de nouveaux qu'il regarde comme dignes de toute confiance. C'est ainsi qu'il admet ce postulat, conséquence immédiate de la doctrine d'Albert de Saxe : Si deux graves égaux, unis par une ligne droite sans poids, n'étaient

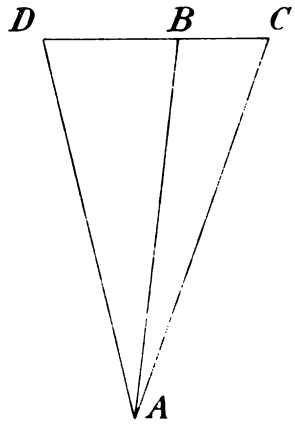


fig. 104.

retenus par aucun obstacle, ils ne pourraient se reposer tant que le milieu de cette droite ne serait point au centre du Monde.

Il admet également un autre postulat dont nous reproduirons exactement l'énoncé (1) ; nulle preuve plus manifeste ne saurait être donnée de l'ignorance où « Monsieur Fermat, conseiller au parlement de Tholose, et très excellent géomètre », demeurait au sujet des lois de Mécanique les plus anciennement découvertes et les plus clairement connues.

(1) Fermat, *loc. cit.*, p. 25.

« Soit DBC un levier (fig. 104) ne passant pas par le centre de la Terre ; le point d'appui de ce levier est en B ; ses bras sont BD, BC ; le centre de la Terre est en A. Que l'on mène les droites DA, BA, CA ; que l'on suspende des graves aux points D et C et que le rapport du poids C au poids D soit le produit du rapport de la ligne DA à la ligne CA et du rapport inverse de l'angle CAB à l'angle BAD. Je dis que le levier BDC, suspendu par le point B, demeurera en équilibre.

» Nous pouvons affirmer que cette proposition est très vraie ; nous la démontrerons, lorsqu'il conviendra, par des démonstrations tirées de la Géométrie la plus pure et de la Physique. »

La proposition formulée par Fermat est entièrement inexacte ; pour la rectifier, il y faut remplacer le rapport des angles CAB et BAD par le rapport de leurs sinus ; dans la pratique, ces angles sont assez petits pour que l'erreur commise soit très faible ; on conçoit donc que ce postulat erroné ait fourni à Fermat des conséquences qui sont *qualitativement* exactes.

De ce nombre est cette proposition : Une balance de bras égaux, portant des poids égaux, est en équilibre instable lorsqu'elle est parallèle à l'horizon.

« L'erreur d'Archimède (1), si pourtant nous la pouvons nommer ainsi, provient de ce qu'il a pris pour fondement que les bras de la balance arrêteroient, quoiqu'ils ne fussent pas parallèles à l'horizon, de quoi j'ai démontré le contraire.

»... Mais si la descente des graves se faisait par lignes parallèles,... en ce cas, la proposition d'Archimède serait vraie ; ce n'est pas que, dans l'usage, elle manque sensiblement, mais il y a plaisir à chercher les vérités les plus menues et les plus subtiles, et d'ôter toutes les ambiguïtés qui pourraient survenir. C'est ce que j'ai fait très exacte-

(1) Fermat, *loc. cit.*, p. 18.

ment et je puis vous assurer que, quoique la recherche soit bien malaisée, j'en possède toutes les démonstrations parfaitement. »

Les déductions d'Archimède étaient parfaitement exemptes de l'erreur que Fermat prétendait en éliminer ; seul, Guido Ubaldo s'en était rendu coupable ; Fermat écrivait (1) donc avec plus de justice, en sa pièce latine : « Nous démontrerons et réfuterons l'erreur d'Ubaldo et d'autres géomètres, qui supposent les bras de la balance capables de demeurer en équilibre, lors même qu'ils ne sont pas parallèles à l'horizon. »

Parmi les corollaires exacts que Fermat put tirer de ce principe erroné, il convient encore de citer celui-ci (2), d'une importance singulière pour l'objet de cette étude : « On voit par ce qui précède que toutes les définitions du centre de gravité, données par les anciens, gisent à terre ; si l'on excepte la sphère, il n'est aucun corps où l'on puisse trouver un point déterminé tel que ce grave, suspendu par ce point, en dehors du centre de la Terre, demeure en équilibre indifférent. » Mais au lieu d'en déduire que la notion de centre de gravité perd tout sens lorsqu'on cesse de traiter les verticales comme parallèles, Fermat veut, à tout prix, sauver cette notion, et il propose (3) cette définition nouvelle, conséquence étrange des doctrines d'Albert de Saxe, de Bernardino Baldi, de Guido Ubaldo et de Galilée : « Nous définirons désormais le centre de gravité de la manière suivante : Un point, placé à l'intérieur du corps, tel que le corps demeurerait en équilibre indifférent si ce point était uni au centre de la Terre ; dans ce cas, seulement, il y a lieu de considérer des centres de gravité. »

Mersenne s'empressa de communiquer la démonstration de Fermat aux divers géomètres avec lesquels il

(1) Fermat, *loc. cit.*, p. 26.
(2) Id., *ibid.*, p. 25.
(3) Id., *ibid.*, p. 25.

avait commerce ; elle ne plut pas, et Fermat ne tarda pas à le savoir. « Vous ne devez pas douter que ma démonstration ne conclue parfaitement, écrit-il (1) à Mersenne le 15 juillet 1636, bien qu'il semble que M. de Roberval ne l'a pas trouvée précise. »

Roberval ne tarda sans doute pas à faire connaître ses objections à l'encontre des principes admis par Fermat, car, au mois d'août 1636, celui-ci écrit (2) au professeur du Collège de France :

« La première objection consiste en ce que vous ne voulez pas accorder que le mitan d'une ligne qui conjoint deux poids égaux, descendant librement, s'aille unir au centre du Monde. En quoi certes il me semble que vous faites tort à la lumière naturelle et aux premiers principes... La vérité de mon principe dépend de ce que les deux poids ou puissances ont naturellement inclination au centre de la Terre et tendent là... Outre que jamais personne n'a douté que le centre d'un grave ne s'unît au centre de la Terre s'il n'étoit empêché.

»... La deuxième objection est contre la nouvelle proportion des angles que j'ai découverte, contre laquelle vous n'avez rien dit de précis, mais seulement que vous avez démontré que la proportion réciproque des poids doit être expliquée non par les angles, mais par les sinus de ces angles.

» Voici la démonstration de ma proposition... »

Le samedi 16 août 1636, Étienne Pascal et Roberval écrivaient (3) à Fermat une longue lettre ; en cette épître, modèle de discussion scientifique courtoise et précise, les postulats sur lesquels le grand géomètre toulousain avait fondé sa Mécanique se trouvaient soumis à un exact et rigoureux examen. L'effort de Roberval et d'Étienne

(1) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry, t. II, *Correspondance*, p. 28.
(2) Id., *ibid.*, p. 51.
(3) Id., *ibid.*, p. 55.

Pascal tendait surtout à révoquer en doute le principe posé par Albert de Saxe, formulé par Bernardino Baldi et Guido Ubaldo, admis par Galilée, reçu par Fermat comme une vérité de « lumière naturelle », comme un « premier principe » dont, jamais, « personne n'a douté ».

« Monsieur », écrivent Étienne Pascal et Roberval, « le principe que vous demandez pour la Géostatique est que si deux poids égaux sont joints par une ligne droite ferme et sans poids et, qu'étant ainsi disposés, ils puissent descendre librement, ils ne reposeront jamais jusqu'à ce que le milieu de la ligne (qui est le centre de la pesanteur des anciens) s'unisse au centre commun des choses pesantes.

» Ce principe que nous avons considéré il y a longtemps, ainsi qu'il vous a été mandé, paraît d'abord fort plausible ; mais quand il est question de principe, vous savez quelles conditions lui sont requises pour être reçu ; desquelles conditions, cette principale manque au principe dont il s'agit ici, savoir que nous ignorons quelle est la cause radicale qui fait que les corps pesants descendent et d'où vient l'origine de cette pesanteur. Ainsi nous n'avons rien de connu assurément de ce qui arriverait au centre où les choses pesantes aspirent, ni aux autres lieux hors la surface de la Terre, de laquelle, pour ce que nous y habitons, nous avons quelques expériences sur lesquelles nous fondons nos principes.

» Car il peut se faire que la pesanteur est une qualité qui réside dans le corps même qui tombe ; peut-être qu'elle est dans un autre, qui attire celui qui descend, comme dans la Terre. Il peut se faire aussi et il est fort vraisemblable que c'est une attraction mutuelle ou un désir naturel que les corps ont de s'unir ensemble, comme il est clair au fer et à l'aimant lesquels sont tels que, si l'aimant est arrêté, le fer n'étant point empêché l'ira trouver, si le fer est arrêté, l'aimant ira vers lui ; et si tous deux sont libres,

ils s'approcheront réciproquement en sorte toutefois que le plus fort des deux fera le moins de chemin. »

En lisant ces lignes écrites par Étienne Pascal et par Roberval, on ne saurait méconnaître l'influence exercée par Képler sur ces géomètres ; cette constatation, d'ailleurs, n'est point pour nous surprendre ; l'étude du célèbre traité *Aristarchi Samii de mundi systemate*, composé par Roberval, marque du reste que, comme Descartes, le professeur du Collège de France avait médité la pensée du grand astronome.

« Or », poursuivent Étienne Pascal et Roberval, « de ces trois causes possibles de la pesanteur, les conséquences sont fort différentes, ce que nous ferons connaître en les examinant ici l'une après l'autre.

» En premier lieu, si la première est vraie, selon l'opinion commune, nous ne voyons point que votre principe puisse subsister ; car, sur ce sujet, le sens commun nous dit qu'en quelque lieu que soit un poids, il pèse toujours également, ayant toujours la même qualité qui le fait peser, et qu'alors un corps reposera au centre commun des choses pesantes, quand les parties du corps qui seront de part et autre du même centre seront d'égale pesanteur pour contrepeser l'une à l'autre, sans avoir égard si elles sont peu ou beaucoup éloignées du centre.

» ... Et ne sert de rien d'alléguer le centre de la pesanteur du corps AB, lequel centre, selon les anciens, est au milieu C ; car ce centre n'a été démontré que quand la descente des poids se fait par des lignes parallèles, ce qui n'est pas ; et quand il y aurait un tel point, ce qui ne peut être aux corps qui tiennent à un même centre commun, il n'a pas été démontré, et ne prouveroit aucunement que ce seroit ce point là par lequel le corps s'uniroit au centre commun. Même cela, pour les raisons précédentes, répugne à notre commune connaissance en plusieurs figures.

» En tous cas, nous ne voyons point que ce centre commun des anciens doive être considéré autre part qu'aux

poids qui sont pendus ou soutenus hors du lieu auquel ils aspirent.

» ... Si la seconde ou la troisième cause possible de la pesanteur du corps est vraie, il nous semble que l'on en peut tirer des conclusions. »

Étienne Pascal et Roberval tentent, en effet, de déterminer comment le poids d'un corps varie avec la distance de ce corps au centre de la Terre lorsque l'on regarde le poids d'un grave comme la résultante d'attractions exercées par les diverses parties du globe ; leur analyse est simplifiée à l'excès, car ils ne paraissent point tenir compte de l'influence que la distance de deux corps exerce assurément sur la grandeur de leur attraction mutuelle ; elle n'en est pas moins un curieux essai pour suivre et développer la pensée de Képler. Elle conduit d'ailleurs les deux auteurs à ces sages réflexions touchant les tentatives de *Géostatique* : « Puis donc que de ces trois causes possibles de la pesanteur, nous ne savons quelle est la vraie, et que même nous ne sommes pas assurés que ce soit l'une d'icelles, se pouvant faire que ce soit une autre, de laquelle on tireroit des conclusions toutes différentes, il nous semble que nous ne pouvons pas poser d'autres principes en cette matière que ceux desquels nous sommes assurés par une expérience continuelle, assistée d'un bon jugement.

» Quant à nous, nous appelons des corps également ou inégalement pesants ceux qui ont une égale ou inégale puissance de se porter vers le centre commun, et un même corps est dit avoir un même poids, quand il a toujours cette même puissance ; que si cette puissance augmente ou diminue, alors, quoi que ce soit le même corps, nous ne le considérons plus comme le même poids. Or, que cela arrive aux corps qui s'éloignent ou s'approchent du centre, c'est ce que nous désirerions bien savoir ; mais ne trouvant rien qui nous contente sur ce sujet, nous laissons cette question indécise et nous raisonnons seulement sur ce que

les Anciens et nous en avons pu découvrir de vrai jusqu'à maintenant. »

Étienne Pascal et Roberval ont une connaissance exacte des lois de la composition des forces ; aussi leur est-il facile de mettre à nu les graves erreurs que Fermat a commises en ses déductions.

Prenant un arc de cercle EBD (fig. 105) dont le centre A coïncide avec celui de la Terre, « vous supposez, disent-ils à Fermat (1), que le poids, posé tout entier au point B, pèsera de même sur l'appui B qu'étant posé par

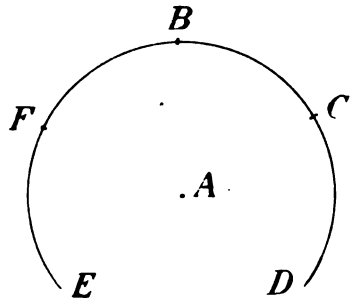


fig. 105.

parties aux points EFBCD. Cela est tellement éloigné du vrai que quelquefois, en lieu de peser sur l'appui B vers A, il pèsera au contraire sur le même appui pour s'éloigner de A ». C'est ce qui arrivera, par exemple, si l'arc ED surpasse une demi-circonférence et si la charge est tout entière placée aux deux points E et D. « Et, toutefois, étant ramassé tout entier au point B, il pèsera toujours de toute sa force sur l'appui B pour emporter le levier vers A, et, en général, étant étendu, il pèsera toujours moins sur l'appui qu'étant ramassé au point B. Toutes ces choses, quoique contraires à votre supposition, sont démontrées en suite de nos principes. »

(1) Étienne Pascal et Roberval, *loc. cit.*, p. 43.

Les mêmes principes conduisaient Mersenne à reconnaître que le poids total d'un corps d'étendue finie devait diminuer au fur et à mesure que ce corps s'éloigne du centre de la Terre ; et cela, bien que chaque partie du corps gardât, contrairement à l'opinion de Beaugrand, un poids invariable. « Ceux, dit le savant religieux (1), qui considèrent un centre particulier de pesanteur dans chaque partie d'un corps proposé, et qui donnent une inclination particulière à chaque point du dit corps pour descendre au centre des corps pesants (que l'on suppose estre le mesme que celuy de la Terre) prouvent par une autre voie, qui me semble meilleure, que les poids deviennent plus légers, ou pèsent moins en s'approchant dudit centre, mais non en mesme proportion qu'ils s'en approchent... Mais parce que l'autre différente pesanteur vient des angles différents faits par chaque point du corps proposé (à raison de la ligne droite par laquelle il veut descendre au centre de la Terre) avec la ligne qui traverse le centre de la pesanteur du dit corps, ou qui luy est parallèle, il s'ensuit que si le poids est considéré comme un point, c'est-à-dire que l'on considère un point qui ait de la pesanteur, il aura toujours la même pesanteur, près ou loin du centre de la Terre ; ce qui n'arrive pas dans l'autre opinion (2), dans laquelle ce point devient plus léger en mesme raison qu'il s'approche du centre, comme fait le corps pesant. »

La remarque faite par Mersenne en ce passage semble présentée comme une opinion commune dans les Écoles au moment où il écrit ; or, cette opinion, nous l'avons rencontrée (3), sous une forme très nette, dans le *Tractatus de ponderibus* de Maître Blaise de Parme ; et déjà Albert

(1) *Harmonie Universelle*, par F. Marin Mersenne. *Seconde Partie de l'Harmonie Universelle*. Livre VIII, De l'utilité de l'harmonie et des parties des mathématiques. Proposition XVIII, p. 63. Paris, MDCXXXVII.

(2) Celle que soutenait de Beaugrand.

(3) Voir ci-dessus, Chapitre VII, § 4.

de Saxe, dont l'influence sur Blaise de Parme n'est point niable (1), en marquait (2) le principe : « La distance fait bien, il est vrai, que les diverses parties d'un grave tendent à leur lieu naturel par des voies diverses ; mais jamais elle n'empêcherait la tendance d'un corps vers son lieu » ; Albert de Saxe lui-même, en écrivant ces lignes, visait, nous l'avons vu, un argument de Roger Bacon. C'est pour nous une occasion nouvelle de constater la persistance, parmi les mécaniciens du XVIIe siècle, de traditions qui devaient leur origine à l'école de Jordanus et aux commentaires d'Albert de Saxe et de ses disciples.

Fermat reçut avec un étonnement profond les critiques par lesquelles Étienne Pascal et Roberval prétendaient ruiner le principe d'Albert de Saxe ; cet étonnement pénible se laisse deviner en la lettre qu'il adressait à Mersenne le mardi 2 septembre 1636 : « Pour la *Proposition géostatique*, dit-il (3), elle est toute fondée sur ce principe seul que deux graves égaux, joints par une ligne ferme et laissés en liberté, se joindront au centre de la Terre par le point qui divise également la ligne qui les unit, c'est-à-dire que ce point de division s'unira au centre de la Terre. Messieurs Pascal et Roberval, après avoir reconnu que mon raisonnement est fondé là-dessus et, qu'accordant ce principe, ma proposition est sans difficulté, m'ont nié ce principe, que je prenais pour un axiome, le plus clair et le plus évident qu'on peut demander ; obligez-moi de me dire si vous êtes de leur sentiment. Je l'ai pourtant démontré depuis peu par de nouveaux principes, tirés des expériences, qu'on ne saurait contester et je le leur envoierai au plus tôt. »

Réduites, sans doute, aux idées que l'on développait

(1) Voir Chapitre XV, Art. 5.

(2) Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo*; in librum I quæstio X.

(3) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry ; t. II, *Correspondance*, p. 58.

dans les Écoles, d'après l'antique enseignement d'Albert de Saxe, les connaissances de Fermat en Mécanique laissaient béantes d'immenses lacunes ; le géomètre toulousain ignorait assurément comment l'équilibre d'un levier tiré par des forces diversement inclinées dépendait des moments de ces forces par rapport au point d'appui ; aussi doutait-il des raisonnements de Roberval, où il était fait usage de cette règle. « Vous m'obligerez beaucoup, écrit-il (1) au professeur du Collège de France, de m'envoyer la démonstration de votre proposition suivant l'opinion où vous êtes, que les graves gardent la proportion réciproque des perpendiculaires tirées du centre du levier sur les pendants, et de laquelle je douterai toujours jusqu'à ce que je l'aurai vue. Je vous puis pourtant assurer que je ne saurais démordre de la mienne. »

Cédant aux instances de Fermat, Roberval lui écrit (2) le 11 octobre 1636 : « Je vous envoie la démonstration de la proposition fondamentale de notre Méchanique, ainsi que je vous l'ai promise ». Et, en indiquant minutieusement la définition des termes qu'il emploie, les axiomes qu'il invoque, il lui expose avec grand soin les lois d'équilibre d'un levier, droit ou coudé, que sollicitent des forces diversement inclinées. L'ordre que suit cet exposé rappelle très exactement la marche des raisonnements de Giovanni Battista Benedetti. Il n'est guère douteux, d'ailleurs, que Roberval ne connût le *Diversarum speculationum* de cet auteur. Un an plus tard, en effet, Mersenne expose (3), en la *seconde partie de l'Harmonie Universelle*, comment la convergence des verticales modifie la loi d'équilibre de la balance ; la règle qu'il indique est celle de Fermat, rectifiée par la correction

(1) Fermat, *op. cit.*, p. 59. Lettre de Fermat à Roberval du 16 septembre 1636.

(2) Fermat, *op. cit.*, p. 75.

(3) *Harmonie Universelle*, par F. Marin Mersenne ; *Seconde partie de l'Harmonie Universelle* ; Nouvelles observations physiques et mathématiques. Ve observation, p. 17. Paris, MDCXXXVII.

qu'y avait apportée Roberval ; et, pour justifier cette correction, il invoque le traité de Benedetti :

« Or il ne sera pas hors de propos d'ajouter icy une particulière remarque que l'on a faite touchant les bras de la balance, dont les poids sont en raison réciproque de la longueur des dits bras, suivant les positions d'Archimède, parce qu'il suppose que les pendans des balances descendent parallèles, au lieu qu'ils penchent et s'inclinent vers le centre de la terre, auquel ils se rencontreraient, s'ils avoyent chacun 1145 lieuës de longueur. De là vient que ceux qui considèrent la balance plus exactement, concluent que les poids précédens sont en raison réciproque des lignes perpendiculaires menées des centres de chaque poids sur la ligne qui conjoint le centre de la terre et de la balance ; ou en raison réciproque (1) composée de la raison des lignes penchantes et de la raison des angles faits au centre de la terre, par la ligne qui conjoint les centres de la terre et de la balance, et les dites lignes penchantes, c'est à dire d'inclination ou de direction des poids vers le centre de la terre ; ou plutost en raison réciproque des lignes perpendiculaires tirées du centre de la balance sur les lignes penchantes, comme fait Jean Benoist dans son 3e chapitre sur les Méchaniques, ce que plusieurs excellents géomètres estiment véritable. »

La théorie si nette que Benedetti avait sans doute empruntée à Léonard de Vinci et que Roberval lui emprunte à son tour, n'a pas raison de l'obstination avec laquelle Fermat défend sa manière de voir. Il s'efforce (2) de mettre Roberval en contradiction avec lui-même ; il croit y parvenir en tirant des principes contenus en sa dernière lettre la conclusion qu'une sphère pesante, placée

(1) Cette règle est celle qu'avait proposée Fermat.

(2) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry ; t. II, *Correspondance*, p. 87 ; Objecta a Domino de Fermat adversus propositionem mechanicam Domini de Roberval, décembre 1636.

sur un plan tangent au globe terrestre, se mettra en mouvement à moins qu'elle ne se trouve au point de contact ; en cette conclusion, nous reconnaissons une proposition d'Albert de Saxe ; Léonard de Vinci, Villalpand, Mersenne nous l'ont soigneusement conservée ; Fermat ne voit pas que si la théorie du plan incliné exige le repos d'une telle sphère placée sur un plan horizontal, c'est précisément parce que cette théorie néglige la convergence des verticales.

L'opiniâtreté du géomètre toulousain, qui refuse de se rendre aux raisons de la saine Mécanique, se manifeste encore à plusieurs reprises (1) ; la cause, toutefois, peut être tenue pour entendue ; l'opinion d'Albert de Saxe, selon laquelle la pesanteur d'un corps est la tendance qu'a le centre de gravité de ce corps à s'unir au centre de la Terre, a subi une irrémédiable défaite.

Avec son bonheur habituel, Descartes entre dans la lutte au moment où il n'y a plus qu'à recueillir les fruits de la victoire.

L'inlassable curiosité de Mersenne lui a fait désirer de connaître l'avis du grand philosophe sur le problème géostatique qui vient de mettre aux prises Fermat, Roberval et Étienne Pascal. Accédant à cette demande, Descartes envoie au religieux Minime, le 13 juillet 1638, un *Examen de la question sçavoir si un corps pèse plus ou moins, estant proche du centre de la terre qu'en estant éloigné* (2).

Cet examen renferme un exposé de la Statique cartésienne, peu différent de celui que Constantin Huygens avait reçu quelque temps auparavant ; à cet exposé, que nous avons commenté en notre Chapitre XIV, sont

(1) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry ; t. II, *Correspondance* ; Lettres de Fermat à Roberval du 7 décembre 1636 (p. 89) et du 16 décembre 1636 (p. 92).

(2) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery ; t. II, *Correspondance* (mars 1638, décembre 1639), p. 222.

jointes diverses remarques qui ont trait au débat dont nous relatons l'histoire.

Nous avons vu que Descartes avait connu par Mersenne les propositions avancées par Fermat ; qu'il ait connu également la lettre où Étienne Pascal et Roberval réfutaient ces propositions, on n'en saurait douter à la lecture des passages suivants :

«... Il faut déterminer ce qu'on entend par pesanteur absoluë. La plus part la prennent pour une vertu ou qualité interne en chascun des cors qu'on nomme pesans, qui les fait tendre vers le centre de la terre. » Selon les uns, cette vertu dépend de la *forme* ; selon les autres, de la *matière* seule. « Or, suivant ces deux opinions, dont la première est la plus commune dans les escholes, et la seconde est la plus receue entre ceux qui pensent sçavoir quelque chose de plus que le commun, il est évident que la pesanteur absoluë des cors est toujours en eux une mesme, et qu'elle ne change point du tout à raison de leur diverse distance du centre de la Terre.

» Il y a encore une troisième opinion, à sçavoir de ceux qui pensent qu'il n'y a aucune pesanteur qui ne soit relative, et que la force ou vertu qui fait descendre les cors qu'on nomme pesans, n'est point en eux, mais dans le centre de la Terre, ou bien en toute sa masse, laquelle les attire vers soy, comme l'aymant attire le fer, ou en quelque autre telle façon. Et selon ceux-ci, comme l'aymant et tous les autres agens naturels qui ont quelque sphère d'activité agissent tousjours d'avantage de près que de loin, il faut avouër qu'un mesme cors pèse d'autant plus qu'il est plus proche du centre de la Terre.

» Pour mon particulier, » ajoute Descartes, « je conçoy véritablement la nature de la pesanteur d'une façon qui est fort différente de ces trois, mais pour ce que je ne la sçaurois expliquer qu'en déduisant plusieurs autres choses dont je n'ay pas icy dessein de parler, tout ce que je puis dire est que par elle je n'apprens rien qui appartienne à

la question proposée, si non qu'elle est purement de fait, c'est à dire qu'elle ne sçauroit estre déterminée par les hommes qu'en tant qu'ils en peuvent faire quelque expérience ; et mesme que, des expériences qui se feront icy en nostre air, on ne peut connoistre ce qui en est beaucoup plus bas, vers le centre de la terre, ou beaucoup plus haut, au delà des nuës, à cause que s'il y a de la diminution ou de l'augmentation de la pesanteur, il n'est pas vraysemblable qu'elle suive partout une mesme proportion. »

Descartes cherche d'ailleurs si, parmi les expériences dont les résultats sont déjà connus, il n'en est aucune qui nous puisse renseigner sur les variations de la pesanteur ; les faits lui semblent montrer que la pesanteur décroît lorsqu'on s'élève à partir de la surface de la terre ; mais les preuves qu'il donne de cette assertion sont étranges ; il cite « le vol des oyseaux », « ces dragons de papier que font voler les enfants » et même, sur la foi de Mersenne, « les bales des pièces d'artillerie, tirées directement vers le zénith, qui ne retombent point ». Parmi les arguments qu'il invoque, il en est un qui n'est point sans intérêt pour l'histoire de la pesanteur universelle :

« Une autre expérience, qui est desja faite et qui me semble très forte pour persuader que les cors éloignez du centre de la terre ne pèsent pas tant que ceux qui en sont proches, est que les Planètes qui n'ont pas en soy de lumière, comme la Lune, Venus, Mercure, etc., estant, comme il est probable, des cors de mesme matière que la Terre, et les cieux estant liquides, ainsy que jugent presque tous les astronomes de ce Siècle, il semble que ces Planètes devroient estre pesantes et tomber vers la Terre, si ce n'estoit que leur grand éloignement leur en oste l'inclination. »

Néanmoins, Descartes ne pense pas que l'expérience soit assez avancée pour permettre de raisonner géométriquement sur une pesanteur variable ; il la tiendra donc

pour constante dans ses raisonnements : « Outre cela, nous supposerons que chasque partie d'un mesme cors pesant retient tousjours en soy une mesme force ou inclination à descendre, nonobstant qu'on l'esloigne ou qu'on l'approche du centre de la terre, ou qu'on le mette en telle situation que ce puisse estre. Car encore que, comme j'ay desjà dit, cela ne soit peut estre pas vray, nous devons toutefois le supposer pour faire commodément notre calcul.

» Or cete égalité en la pesanteur absoluë estant posée, on peut demonstrer que la pesanteur relative de tous les cors durs, estant considérez en l'air libre et sans estre soutenus d'aucune chose, est quelque peu moindre, lorsqu'ils sont proches du centre de la Terre que lorsqu'ils en sont esloignez, bien que ce ne soit pas le mesme des cors liquides ; et au contraire que deux cors parfaitement égaux estant apposez l'un à l'autre dans une balance parfaitement exacte, lorsque les bras de cette balance ne seront pas parallèles à l'horison, celuy de ces deux cors qui sera le plus proche du centre de la terre pèsera le plus, et ce d'autant justement qu'il en sera plus proche. D'où il suit aussy que hors de la balance, entre les parties égales d'un mesme cors, les plus hautes pèsent d'autant moins que les plus basses qu'elles sont plus esloignées du centre de la terre, de façon que le centre de gravité ne peut estre un centre immobile en aucun cors, encore mesme qu'il soit sphérique. »

La première proposition énoncée par Descartes est celle que Blaise de Parme a formulée autrefois, que Mersenne a retrouvée ; Étienne Pascal et Roberval en ont opposé à Fermat de fort analogues ; les règles de composition des forces en donnent bien aisément la démonstration ; mais, nous l'avons vu, Descartes ne paraît pas avoir jamais eu une connaissance bien exacte de ces lois ; aussi, lorsqu'il se propose (1) de donner une « *démonstration qui*

(1) Descartes, *loc. cit.*, p. 238.

explique en quel sens on peut dire qu'un corps pèse moins, estant proche du centre de la Terre, qu'en estant esloigné », a-t-il recours à un artifice assez étrange et assez peu rigoureux pour tirer cette démonstration des lois du plan incliné.

Quant à la proposition qui a pour objet l'instabilité de l'équilibre d'une balance où l'on regarde les verticales comme concourantes, elle fait l'objet (1) d'une « *autre démonstration, qui explique en quel sens on peut dire qu'un mesme cors pèse plus, estant proche du centre de la terre qu'en estant esloigné* ». Cette démonstration n'a point exigé de Descartes un fort grand effort d'invention ; Étienne Pascal, Roberval et Mersenne avaient déjà montré comment on devait, selon les principes exposés par Benedetti (2), corriger le raisonnement de Fermat ; cette déduction ainsi rectifiée est celle que Descartes s'approprie.

De la déduction incorrecte qu'il avait construite, Fermat avait déjà tiré ce corollaire qu'un corps n'a pas un centre de gravité indépendant de sa position ; ce corollaire, Descartes le justifie (3) de nouveau par des raisons exactes :

« En suite de quoy il est évident que le centre de gravité des deux poids B et D (fig. 106), joins ensemble par la ligne BD, n'est pas au point C, mais entre C et D, par exemple au point R, où je suppose que tombe la ligne qui divise l'angle BAD en deux parties égales... De façon que

(1) Descartes, *loc. cit.*, p. 242.

(2) Dans une lettre (*a*) dont le destinataire est probablement Boswell et dont la date est peut-être 1646, Descartes déclare qu'il « partage l'avis de ceux qui disent que *deux poids sont en équilibre quant ils sont en raison inverse des perpendiculaires abaissées du centre de la balance sur les lignes qui joignent les extrémites des bras au centre de la Terre* ». Il ajoute que « non seulement la raison en est évidente, mais encore qu'elle peut être prouvée ». Nous avouons qu'il nous est impossible de trouver trace d'un raisonnement concluant dans les considérations présentées par Descartes.

(*a*) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery ; tome IV, *Correspondance ; Additions*, p. 696.

(3) Descartes, *loc. cit.*, p. 244.

les poids B et D doivent estre soutenus par le point R pour demeurer en équilibre en l'endroit où ils sont. Mais si on suppose la ligne BD tant soit peu plus ou moins inclinée sur l'horizon, ou bien ces poids à une autre distance du centre de la terre, il faudra qu'ils soient soutenus par un autre point pour estre en équilibre, et ainsy leur centre de gravité n'est pas tousjours au mesme point. »

Fermat avait cru, du moins, pouvoir admettre l'invaria-

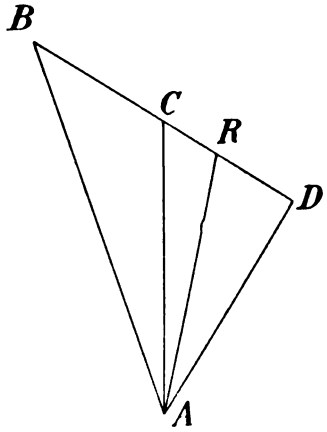


fig. 106.

bilité du centre de gravité de la sphère ; Descartes prouve (1) que cette exception même n'a pas lieu d'être admise : « D'où il suit clairement que le centre de gravité de toute cete sphère n'est pas au point qui est le centre de sa figure, mais quelque peu plus bas en la ligne droite qui tend de ce centre de sa figure vers celuy de la terre. Ce qui semble véritablement fort paradoxe, lorsqu'on n'en considère pas la raison ; mais en la considérant, on peut voir que c'est une vérité mathématique très assurée. »

L'exposé de Descartes résume et juge le débat qui a mis aux prises de Beaugrand, Fermat, Mersenne, Roberval

(1) Descartes, *loc. cit.*, p. 245.

et Étienne Pascal ; la conclusion en est maintenant claire et certaine ; l'idée d'un centre de gravité invariablement lié à chaque corps solide n'a de sens qu'autant que les verticales sont traitées comme parallèles entre elles ; c'est donc une absurdité que de vouloir attribuer à ce point une tendance à s'unir au centre de la Terre ; la seule considération du centre de la Terre suffit à rendre illégitime la considération du centre de gravité. Telle est la conséquence importante qu'a produite la querelle des *géostaticiens*.

De cette querelle, Torricelli a-t-il eu connaissance ? Ses recherches ont-elles pu éprouver l'influence des idées qui se discutaient parmi les géomètres français ? De ce point, nous ne saurions douter.

Nous avons vu que Torricelli avait passé une grande partie de sa vie à Rome, auprès de son maître, le P. Castelli ; c'est seulement trois mois avant la mort de Galilée (8 janvier 1642) qu'il quitta son premier maître, pour se rendre à Arcetri, auprès du grand géomètre.

Or, au fort de la querelle sur la Géostatique, le P. Castelli avait eu commerce avec Jean de Beaugrand ; il avait eu connaissance des propositions de Fermat sur la variabilité du centre de gravité et avait entrepris des recherches semblables ; nous en avons pour garant la lettre suivante (1), dont nous ignorons malheureusement la date et le destinataire :

« J'ai lu les très subtiles pensées de M. de Fermat au sujet du centre de gravité ; je confesse bien volontiers qu'elles m'ont paru belles et dignes de cette sublime intelligence, que M. de Beaugrand me célébra avec force louanges lors de son passage à Rome. Je veux croire qu'il en possède une démonstration rigoureuse. M. de Beaugrand m'a dit avoir obtenu une proposition semblable : savoir, qu'un même grave, placé à des distances diverses du centre de la Terre, pèse inégalement, et que le

(1) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery, et Ch. Henry ; t. II, *Correspondance*, p. 26.

poids est au poids comme la distance au centre de la Terre est à la distance. Aussi ai-je appliqué ma pensée à cette matière et ai-je pensé, à ce moment, que j'avais retrouvé la démonstration; mais depuis, m'étant proposé certaines difficultés, mon ardeur pour cette spéculation s'est refroidie. Je me souviens encore que j'en avais déduit la conséquence même qu'en tire M. de Fermat, savoir qu'un grave dont le centre de gravité coïnciderait avec le centre de la Terre n'aurait aucun poids et, de plus, que la Terre entière est dépourvue de poids; en outre, j'avais trouvé qu'un grave qui descend vers le centre de la Terre, non seulement change de poids d'instant en instant, mais encore, chose qui peut sembler plus merveilleuse, que le centre de gravité se déplace continuellement en la masse de ce grave ; de plus, si un grave se meut sur place d'un mouvement de rotation, son centre de gravité change sans cesse ; aussi suis-je aisément d'accord avec M. de Fermat en ceci : Que la nature du centre de gravité n'est point du tout telle que les mécaniciens l'ont communément décrite. »

Torricelli connaissait donc les erreurs et les contradictions auxquelles on est conduit lorsqu'on traite du centre de gravité sans admettre le parallélisme des verticales ; on comprend, dès lors, pourquoi il a pris soin de formuler, avec tant de précision, cette dernière hypothèse. Par là, il a profondément transformé le principe de Statique qu'il tenait de Galilée ; il a fait disparaître toute trace de la doctrine erronée à laquelle ce principe devait sa naissance. Comme mainte proposition de Physique, c'est en reniant ses origines que la loi de Torricelli est devenue une irréprochable vérité. Mais en brisant tout lien avec l'erreur qui lui avait donné naissance, elle a perdu l'apparente évidence qui semblait en imposer l'acceptation ; elle s'est montrée dès lors ce qu'elle était réellement : un pur postulat, justifié seulement par l'accord de ses conséquences avec la réalité.

(A suivre.) P. DUHEM.

LE

COTÉ MILITAIRE

DU

NÉO-PROTECTIONNISME BRITANNIQUE

La Revue des Questions scientifiques, dans sa livraison du 20 juillet dernier (1), a publié plusieurs articles sur une question d'une importance considérable : *La Crise du Libre-échange en Angleterre et ses conséquences*. MM. G. Blondel, Ch. Dejace, Achille Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye et Éd. Van der Smissen ont examiné cette question sous de multiples aspects et, après eux, je ne scruterai pas les causes du néo-protectionnisme britannique, je ne rechercherai pas s'il en existe une formule pratique et quels en seraient les effets politiques et économiques. M. Achille Viallate a fait ressortir le côté militaire du problème : je me propose de grouper autour de son argumentation et de sa documentation quelques faits typiques et circonstanciés, dans lesquels

(1) *La Crise du Libre-échange en Angleterre et ses conséquences :*
I. *L'Évolution économique de l'Angleterre au XIXe siècle*, par G. Blondel.
II. *La Crise du Libre-échange*, par Ch. Dejace.
III. *L'Angleterre et la Politique mondiale*, par Achille Viallate.
IV. *Les Intérêts d'Anvers*, par Emm. de Meester.
V. *L'Industrie sidérurgique*, par P. de Laveleye.
VI. *La Politique des traités*, par Éd. Van der Smissen.

on trouvera, je pense, de nouveaux motifs de partager l'opinion du savant professeur de l'École libre des Sciences politiques, de Paris.

Les guerres de la Révolution et de l'Empire avaient coûté 20 milliards à l'Angleterre, mais l'avaient laissée moins appauvrie que les États continentaux. Grâce à cette circonstance, à sa situation insulaire et à une triple autonomie agricole, industrielle et commerciale, elle s'est complue, pendant presque tout le XIXe siècle, dans une attitude dédaigneuse vis-à-vis des autres peuples et est restée impassible devant les profondes convulsions qui ont agité l'Europe, en 1866 et en 1870, et l'Amérique, lors de la guerre de la Sécession. Favorisée par l'inertie générale à l'endroit de la conquête violente ou pacifique de territoires lointains, elle s'est créé un empire colonial gigantesque, qui renferme le quart de la population du globe et sur lequel, mieux encore que sur les possessions de Charles-Quint, le soleil ne se couche jamais. Paisiblement — du moins sans heurt préjudiciable avec les puissances, car les Indes lui ont coûté du sang et de longs efforts — elle a poursuivi ses desseins égoïstes de souveraineté universelle, déversant sur le continent des cargaisons de plus en plus nombreuses, prêtant son or à gros intérêts, triplant sa fortune publique.

Depuis vingt-cinq ans la face et le fond des choses ont changé. La France, l'unique rivale que l'Angleterre comptât sur mer, a accrû considérablement le nombre de ses vaisseaux. L'Allemagne, dont la flotte date d'hier, est en passe de devenir une grande puissance navale. Les États-Unis d'Amérique, révélant une marine d'une valeur insoupçonnée, ont écrasé l'Espagne à Cavite et à Santiago de Cuba. L'amiral Togo, enfin, s'égalant à Nelson, a donné aux escadres japonaises un prestige incomparable. La possession de la mer est disputée à l'Angleterre, elle a cessé d'en être l'unique dominatrice, elle n'est plus cer-

taine de détenir sur les océans la seule suprématie militaire qui lui semblât réellement utile, d'autant plus que ses colonies, toujours agrandies, augmentent sa vulnérabilité, et font dans les eaux extra-européennes la tâche très difficile à ses divisions navales. L'Angleterre ne met plus dans la ceinture flottante de ses croiseurs et de ses cuirassés la même confiance qu'autrefois, et elle s'est préoccupée des institutions surannées, et qui semblaient immuables, de son armée de terre.

De ces institutions, la guerre du Transvaal a montré tous les vices. Pour réduire définitivement les républiques sud-africaines, dont les effectifs, y compris les contingents étrangers, n'ont jamais atteint 40 000 hommes, l'Angleterre a dû en employer environ 350 000 ; elle a laissé en Afrique près de 18 000 morts ; le chiffre des blessés, des prisonniers et des malades rapatriés s'est élevé à 60 000 et la guerre a coûté 5 1/2 milliards de francs. Cependant, il ne faut pas s'en tenir à l'expression brutale de ces statistiques ; si elles témoignent d'efforts considérables, elles s'expliquent aussi par les difficultés de l'entreprise, qui, a-t-on dit, équivalait au transport de 200 000 hommes de Calcutta à Marseille et à leur marche sur Hambourg.

Après la guerre, une commission royale d'enquête a été constituée : elle a entendu de nombreux témoins, formulé plus de vingt mille questions ; elle a tout étudié et tout contrôlé. Elle a conclu à l'absence de préparation, à l'insuffisance de l'état-major, au manque d'hommes, de chevaux, de matériel, d'approvisionnements, de munitions. Pourtant, à la fin de 1897, lord George Hamilton, secrétaire d'État pour l'Inde, s'était vaniteusement écrié : « Le monde entier a les yeux fixés sur notre armée » et, au lendemain du raid Jameson, M. Balfour avait affirmé que jamais l'Empire britannique ne s'était trouvé dans une situation aussi favorable pour soutenir une guerre, que jamais il n'avait possédé une meilleure machine de com-

bat. Des affirmations aussi solennelles que démentent les faits ne sont pas rares dans l'histoire.

En réalité, depuis 1815, on ne tenait plus l'armée anglaise pour susceptible de jouer un rôle sur le continent et on ne se donnait pas la peine d'en étudier l'organisation. Après la guerre franco-allemande, la plupart des nations européennes s'empressèrent de chercher d'utiles enseignements chez les vainqueurs et renouvelèrent leurs institutions militaires ; l'Angleterre n'en fit rien et continua d'entretenir une sorte de garde civique casernée, composée de soldats superbes, bien nourris et bien payés, mais plus aptes à la parade et aux évolutions compassées qu'au service en campagne et au métier compliqué de la guerre moderne.

Avant l'expédition du Transvaal, l'armée anglaise était comparable à l'armée des États-Unis d'Amérique, lorsque celle-ci, en 1899, eut à lutter contre l'Espagne. Des deux côtés, les forces permanentes régulières étaient insuffisantes pour les besoins de la mobilisation, et aucune prescription légale n'obligeait les milices à combattre en dehors du territoire national; des deux côtés, les troupes étaient disséminées par fractions peu importantes, ne possédant entre elles aucun lien organique : corps d'armée, divisions, brigades n'existaient pas, et il fallait tout créer au dernier moment. Il suffit de formuler un tel système pour le condamner.

En 1901, après la guerre, la Chambre des Communes approuva la division du territoire en six circonscriptions, à chacune desquelles était attribué un corps d'armée, pourvu, en temps de paix, des états-majors et des services nécessaires. Ce projet ne fut pas exécuté. Au commencement de 1905, un *Army order* a réparti les troupes en sept commandements qui ne comportent pas de grandes unités, sauf un corps, dit « expéditionnaire » *(feld force)*, de 15 000 hommes, stationné à Aldershot et qui est toujours prêt à être envoyé en n'importe quel point de l'em-

pire. Excepté dans les gardes à pied, le régiment d'infanterie ne constitue qu'une unité purement nominale ; les bataillons sont complètement autonomes ; les deux tiers des régiments de cavalerie ne sont pas embrigadés ; les batteries et les compagnies de l'artillerie à pied forment des unités isolées, et les batteries de campagne sont réunies par deux, trois ou quatre en groupes indépendants. En somme, après des velléités de se conformer aux principes modernes de l'organisation des armées, on paraît y avoir renoncé, et les troupes anglaises, du moins quant à leur formation, ne sont pas mieux préparées qu'auparavant à passer du pied de paix au pied de guerre.

On s'est inquiété, d'autre part, de remédier aux inconvénients de l'unique mode de recrutement, le volontariat intégral. Entretenir une armée nombreuse, composée uniquement de volontaires, même médiocres, est un problème insoluble. Il y a quelque cent ans, l'Angleterre, avec 17 millions d'habitants, pouvait mobiliser 7 à 800 000 hommes ; aujourd'hui, avec 43 millions, ce ne serait plus que 600 000. Il s'agit ici de l'ensemble des forces militaires et non uniquement des troupes régulières. Après 1870, les effectifs de ces troupes ont été loin de suivre l'extraordinaire accroissement des armées des grandes puissances européennes. En 1854, l'armée régulière, y compris la portion détachée aux Indes, compte 140 000 hommes ; en 1867, on crée la réserve ; en 1877, armée régulière et réserve forment un total de 220 000 hommes, successivement accrû depuis jusqu'à 360 000 hommes, chiffre actuel. Au début de la campagne de 1870, la France n'avait mis que 300 000 hommes en ligne ; vers la mi-novembre 600 000 hommes étaient sous les armes, mais, pour la plupart, gardes nationaux, mobiles et corps francs ; actuellement, les effectifs de l'armée française, armée active et réserve de l'armée active, s'élèvent à 2 681 000 hommes. Alors que les forces totales mobili-

sables égalent en France et en Allemagne le 1/8 de la population, le 1/10 en Italie, le 1/13 en Russie, le 1/15 en Autriche-Hongrie, elles n'atteignent que le 1/65 en Angleterre.

La grande recruteuse de l'armée britannique, a-t-on dit, c'est la faim. Chez les Anglais, le goût réel du métier militaire existe peu et le simple soldat est méprisé par tous ceux qui possèdent quelque situation sociale. Les fils de famille qui ont trop fait la fête, profitent assez souvent de cette déconsidération. Comme la recrue peut se racheter endéans les trois premiers mois de service, ils s'enrôlent, et les parents paient la rançon, s'imposent tous les sacrifices, plutôt que de subir le déshonneur d'un fils figurant aux derniers rangs de l'armée.

Le volontariat a pour conséquence une longue durée de service actif : 9 années dans l'infanterie et dans l'artillerie à pied, 8 années dans la cavalerie, 3 années dans les autres armes ; on lui attribue aussi le chiffre élevé des désertions annuelles, 8 à 10 p. c. de celui des enrôlements (1).

Est-ce à dire que dans l'armée anglaise l'esprit militaire et le culte du drapeau soient inconnus, que rien n'y pousse aux actions héroïques, sans lesquelles rien de grand ne se conçoit à la guerre? Non, mais l'esprit militaire n'y cherche pas sa principale raison d'être et le meilleur de sa force

(1)

ANNÉES	NOMBRE DE DÉSERTEURS	NOMBRE DE DÉSERTEURS RENTRÉS	DÉCHETS	HOMMES ENRÔLÉS	DÉCHETS PAR RAPPORT AU NOMBRE D'HOMMES ENRÔLÉS
1900	6378	2438	3940	49 266	8 %
1901	7686	2689	4997	47 039	10,6 %
1902	7162	2851	4311	50 753	8,5 %

aux sources fécondes du patriotisme ; il n'est qu'une manifestation de l'esprit de corps, il se cantonne dans le régiment, parfois même dans un cercle plus restreint, et c'est assez de la gloire particulière de telle ou telle unité pour convaincre ceux qui lui appartiennent de l'invincibilité des troupes anglaises. Fantassins, cavaliers, artilleurs ont leurs mœurs spéciales et sont soumis à un ordre de préséance qui résulte de la tradition et que consacre la loi. Chaque régiment a ses emblèmes, ses marches et ses sonneries ; il vit d'une vie personnelle et professe pour les autres la jalousie, le mépris ou l'envie. Tout cela provoque une émulation d'origine assez mesquine, mais qui surexcite l'amour-propre du soldat et, sous le feu, lui fait accomplir des prodiges. En 1897, à l'assaut du plateau de Dargai par les Écossais de Gordon, le piper, blessé aux deux jambes, refusa de s'abriter et de cesser de jouer la marche du régiment. « Un piper de Gordon, dit-il, ne se repose pas pour si peu, laissons ces faiblesses aux fantassins de ligne. » Cette appréciation était injustifiée, mais elle peint bien l'esprit militaire anglais.

A côté de l'armée régulière il y a des forces auxiliaires : milice, yeomanry, corps de volontaires, qui se recrutent par engagements, et auxquelles un cadre permanent, détaché de l'armée régulière, donne l'instruction. Dans la milice, on sert six années, dans la yeomanry, ou cavalerie de la milice, cinq années. Le service consiste en un certain nombre de jours ou d'heures d'exercice. Les miliciens ne sont pas contraints à quitter le territoire du Royaume-Uni ; en vain, jusqu'à présent, on a tenté de leur imposer pareille obligation. Un bill, qui la comportait, lu à la Chambre des Lords, n'a pas été voté et le gouvernement l'a retiré.

Les corps de volontaires, comme les miliciens, sont destinés à la défense de la métropole. Leur organisation actuelle date de 1858 ; ils comprennent de l'infanterie, de l'artillerie, du génie, un service de santé, une intendance

et un détachement d'automobilistes et de motocyclistes. Aucune loi ne fixe les conditions de l'engagement, c'est l'affaire de règlements organiques, et un préavis de quinze jours permet de prendre congé. Les volontaires assistent à quelques exercices par an. Ils s'habillent et s'équipent à leurs frais, mais l'État intervient dans l'entretien des corps par des subsides, calculés sur le nombre d'*efficients*, c'est-à-dire d'hommes instruits, qu'ils peuvent mettre en ligne. En toutes circonstances, les volontaires montrent un grand esprit d'indépendance vis-à-vis du pouvoir central; c'est ainsi qu'ils se sont refusés à subir un examen médical sous le contrôle du gouvernement et que, récemment, les volontaires du nord de l'Écosse ont déclaré qu'ils ne se rendraient pas à Édimbourg, où le roi devait les passer en revue, si le *War Office* n'augmentait pas leurs indemnités de déplacement et de séjour. On a, d'ailleurs, rapproché l'attitude du *War Office* lors de cet incident, de l'intention, prêtée au gouvernement, de réduire de beaucoup l'effectif des volontaires : on procéderait à une sélection ne laissant dans les rangs que les hommes possédant une certaine valeur militaire.

Une loi datant de 1757 impose à tout citoyen anglais, sauf certaines exceptions, ou plutôt certaines dispenses temporaires, le service dans la milice, mais l'application en est suspendue tous les ans par un vote de la Législature. Les miliciens se recrutent donc par engagements volontaires et non par une conscription générale de tous les citoyens. Après la guerre du Transvaal, on songea à introduire le service forcé en Angleterre. La question ouverte à peine souleva les plus vives polémiques. « Si on établit le service obligatoire, s'écria lord Salisbury, les jeunes Anglais émigreront. » M. Boodrick fit remarquer que, tout en tenant compte des difficultés d'un système de défense nationale, privé du mode de recrutement que possédaient les autres nations, il convenait de ne prendre aucune mesure contraire au statut en vigueur, aussi long-

temps que la grande majorité de la nation ne se serait pas montrée favorable à l'adoption de la conscription. Celle-ci ayant été proposée indirectement en mai 1904, par l'*Army Council*, nouvel organisme créé à l'instar du Conseil de l'Amirauté, l'opinion publique fut vivement émue. Lord Roberts, l'ancien commandant en chef de l'armée, ne croit pas possible l'application de la conscription aux troupes régulières, c'est-à-dire à celles que la loi appelle à combattre en dehors du territoire national.

En somme, de vifs dissentiments se sont élevés depuis la guerre du Transvaal au sujet du recrutement et de l'organisation de l'armée et, l'accord n'ayant pu être réalisé sur des réformes jugées cependant nécessaires, le *statu quo* a été maintenu. Dans ces conditions, peut-on compter sur la pleine efficacité de la coopération des forces de terre, armée, milice et volontaires à la défense de l'empire, dont, en mai 1905, M. Balfour a exposé le plan ?

Jusque dans ces derniers temps le danger d'une invasion n'avait jamais été envisagé sérieusement en Angleterre ; on estimait que la flotte et les fortifications côtières constituaient une double barrière dont la seule existence était une garantie suffisante. « La dernière chose que je considérerais comme possible, a déclaré M. Balfour, est une invasion par la France. » La Chambre des Communes a applaudi, mais surtout en l'honneur de l'entente cordiale ; l'orateur, on l'a fait remarquer, n'a point démontré que le débarquement d'une armée allemande sur le sol du Royaume-Uni ne pouvait réussir. Aujourd'hui, à toute évidence, on se préoccupe en Angleterre d'une entreprise directe contre les ports et les côtes de la métropole. Tout récemment, à Portsmouth, on s'est livré à des exercices pour se rendre compte de la possibilité de débarrasser la passe de vaisseaux échoués et de s'opposer aux attaques de torpilleurs venant de la haute mer. Le 1er août dernier, lord Roberts, exposant la situation des forces militaires à la Chambre de commerce de Londres, a dit : « L'on doit

faire en sorte non seulement de pouvoir repousser victorieusement toute invasion, mais aussi de convaincre les puissances étrangères qu'une opération de ce genre n'aurait aucune chance de succès ». Ainsi, sur terre, les Indes, où il semblait fatal qu'on se heurtât un jour ou l'autre, et même prochainement, avec la Russie, ne sont plus considérées comme le seul point faible de l'empire.

L'Angleterre consacre 750 millions de francs au budget de la guerre, les Indes 470 millions ; mais Ceylan, Maurice, Hong-Kong n'affectent au même objet que 10 millions, les colonies autonomes que 40 millions. Pour la marine, la métropole seule assume près des 9/10 des charges financières. Une coopération aussi réduite cause quelque surprise ; elle explique que l'effectif des corps coloniaux réguliers, à peine 20 000 hommes, est tout à fait hors de proportion avec l'étendue et la population des colonies. « Le problème se pose, écrit M. Viallate, de l'utilisation de la matière militaire de ces grandes colonies — Canada, Australie, Nouvelle-Zélande, Afrique du Sud — dont la population blanche dépasse 11 millions d'habitants. » Mais il ne s'agit pas ici d'une organisation uniquement destinée à assurer la défense particulière de chacune des colonies, organisation qui existe en germe sous la forme de milices locales, il s'agit que toutes coopèrent à la défense de la communauté. Il faudrait transformer et développer les institutions militaires des colonies et imposer aux troupes coloniales l'obligation de concourir, en quelque lieu que ce soit, à la protection de l'Empire britannique. Jusqu'à présent tout dépend de la bonne volonté des colonies : lors de la guerre du Transvaal, la métropole n'a pu exiger d'elles l'envoi d'un seul homme dans le sud de l'Afrique; c'est de leur plein gré qu'elles ont fourni d'assez nombreux contingents. Cette situation sera-t-elle modifiée ? On doit avouer que l'exemple de la métropole en matière de réformes militaires, son attitude vis-à-vis du problème du recrutement,

son impuissance à obliger ses volontaires et ses miliciens à servir en dehors du Royaume-Uni, tout cela n'est pas fait pour inspirer aux colonies des résolutions qui rendraient utilisables pour la sécurité commune les ressources en hommes dont elles disposent.

Je terminerai cette étude rapide des forces de terre de l'Angleterre en citant les paroles suivantes prononcées par lord Roberts à la Chambre de commerce de Londres, le 1er août dernier : « Je le répète, je suis sûr que tout militaire ayant quelque expérience de la guerre m'approuvera, quand je prétends que ce serait une insigne folie que de vouloir entreprendre une guerre contre un État civilisé avec des forces organisées comme elles le sont à présent. Cette assertion a, d'ailleurs, déjà été produite, en mai 1904, par la Commission d'enquête sur la guerre sud-africaine, quand elle déclarait que, dans leur organisation actuelle, les troupes auxiliaires étaient incapables de défendre le territoire national. *A fortiori* seraient-elles incapables de prendre part à une guerre contre une armée continentale. »

Ce n'est pas sur ses troupes de terre que l'Angleterre compte, en ordre principal, pour assurer sa défense, c'est sur sa flotte. La renommée de la marine anglaise date d'Élisabeth qui, en s'alliant aux Hollandais, les aida à enlever aux Espagnols l'empire des mers ; Cromwell poursuivit une œuvre si bien commencée et éleva l'Angleterre au premier rang des puissances maritimes. Plus tard la guerre de Sept ans mit les colonies françaises à la merci des Anglais. Ce fut en vain que Napoléon, au comble de sa fortune, déclara le blocus continental et employa contre l'Angleterre tous les efforts de son génie ; elle demeura inattaquable dans son île et finit par porter le coup fatal au grand capitaine. Cependant le glas de la destinée napoléonienne ne sonna pas en 1805, à Trafalgar, mais dix ans après, à Waterloo. Presque jusqu'au terme du XIXe

siècle, ce n'est pas sur mer que le sort des nations se décida. A partir de la guerre du Japon contre la Chine, en 1895, les opérations navales acquièrent tout d'un coup une importance nouvelle et prépondérante : en 1899, l'Espagne est vaincue sur mer par les États-Unis d'Amérique; sur mer aussi, le Japon frappe par deux fois la Russie, au début et à la fin de la grande guerre dont tremblent encore les rivages de l'Extrême-Orient. Pourquoi un changement si soudain ?

Nelson mort, la guerre maritime entra en pleine décadence. En 1809, la flotte anglaise comprenait 709 bâtiments, son personnel était de 140 000 hommes; en 1817, 124 bâtiments seulement restaient utilisables et le personnel était descendu à 19 000 hommes. Toutefois, cela était suffisant. Sur les flots, tout avait cédé à l'Angleterre ; ses escadres s'étaient endormies sur leurs ancres, et il semblait que les luttes ardentes de la veille ne reviendraient plus avant longtemps. L'éventualité d'un rôle militaire de quelque importance paraissait extrêmement reculée. La tâche qui était à remplir consistait dans la police de la mer, dans un métier de gendarmerie maritime au bénéfice des armateurs de Londres et de Liverpool. Les navires de guerre devenaient encore les porteurs des ordres et des volontés de l'orgueilleuse Albion, avide d'étendre sans limite sa souveraineté sur les îles et sur les océans. En 1819, on s'empare de Singapore ; en 1833, des îles Falkland ; en 1838, d'Aden; en 1839, de Hong-Kong; en 1840, de la Nouvelle-Zélande. Pour des conquêtes aussi considérables, peu ou point d'actions militaires sérieuses, pas plus que dans les luttes contre le Birman, 1824-25, contre la Chine, 1839-42, contre le dictateur Rosas, à La Plata, 1845. La guerre maritime se mourait faute d'aliments suffisants, faute de compétiteurs qui vinssent, poussés par l'ambition ou la nécessité, tenter d'arracher son sceptre à la dominatrice des mers. Mais le jour où de jeunes nationalités se trouveront à l'étroit dans

leurs frontières naturelles, où leur commerce et leur industrie excéderont leurs besoins, elles tourneront leurs regards vers la mer, dont les flots ont fécondé toutes les grandes civilisations, et la mer redeviendra, comme elle le fut lors des plus importants conflits économiques que nous raconte l'histoire, le théâtre de leurs efforts et le champ futur de leurs combats.

Dans les trois premiers quarts du dernier siècle, les nations civilisées ne cherchaient pas avec l'âpreté actuelle des possibilités de richesse et de prospérité sur tous les points de l'Univers, et ne trouvaient point, jusqu'à leurs antipodes, des motifs continuels de dissentiment. Aussi l'Angleterre était-elle insouciante de tout danger et, sauf quelques perfectionnements apportés à la construction des vaisseaux, ne faisait-elle rien pour le renforcement et l'amélioration de sa flotte. La navigation à vapeur, l'emploi des hélices, la substitution des coques métalliques aux carènes en bois ne retinrent pas immédiatement l'attention. L'on fut longtemps sans se préoccuper de transformer l'artillerie de bord, malgré la remarquable invention du canon à bombes, due, en 1821, au général français Paixhans. En somme, on ne paraissait aucunement se douter de la puissance nouvelle que le progrès scientifique était susceptible de donner à la marine de guerre. La vapeur, victorieuse de la distance et des intempéries, devait permettre l'accroissement des flottes, l'augmentation numérique des équipages, sans causer aucun préjudice, bien au contraire, à la rapidité et à la précision des opérations. Les cuirassements, les bouches à feu de gros calibre, les canons à tir rapide, les torpilles allaient peu à peu rendre les flottes de guerre de terribles instruments de destruction, mais impossibles à improviser. On ne réussit plus, en armant en course de légers vaisseaux marchands, à tenir en échec les escadres ennemies ; le temps des corsaires et des abordages est passé. La stratégie et la tactique navales plus certaines de leurs moyens en ont vu le nombre s'élever et, en proportion de

l'étendue, de la puissance et de la perfection de ces moyens, le but et les résultats de la guerre maritime ont grandi. C'est ainsi que nous assistons à une renaissance, due autant à des raisons techniques et scientifiques qu'à des raisons économiques et politiques.

La guerre de Crimée prouva l'infériorité de la flotte anglaise vis-à-vis de celle de la France. Des vaisseaux à voile la composaient principalement, et ses quelques vaisseaux à vapeur ne possédaient pas les qualités, surtout la vitesse, des nombreux bâtiments de même espèce que comprenait l'autre flotte ; elle manquait de canonnières auxquelles suppléèrent les batteries flottantes françaises. Au lendemain de la guerre, bien que les deux puissances si longtemps désunies se fussent rapprochées pour combattre côte à côte sous les murs de Sébastopol, l'Angleterre eût dû se préoccuper de l'état de sa marine : pendant quelque temps elle n'en fit rien, se fiant probablement aux intentions pacifiques de l'Empire français. Mais, de tels actes traduisirent ces intentions qu'elle s'inquiéta. Napoléon III prétendit protéger la liberté en Europe les armes à la main et, après avoir aidé de cette façon à fonder l'unité italienne, il ceignit son front d'une couronne de lauriers. En 1860, l'année qui suivit l'expédition d'Italie, la France construisit son premier cuirassé ; ce fut le signal d'une impulsion en faveur de la réorganisation de la flotte anglaise. Celle-ci ne possédait alors que quelques vaisseaux à coque métallique et, sur 38 vaisseaux en construction, 20 étaient en bois. En 1868, on compte 28 vaisseaux de ligne cuirassés, mais bientôt la valeur de la flotte demeura stationnaire et, à partir de 1876, elle périclita. Sans doute, de 1850 à 1880, on construisit en Angleterre de nombreux vaisseaux de guerre, mais sans plan défini, sans qu'apparût le souci de donner de l'homogénéité aux bâtiments d'une même classe et de profiter des derniers progrès de la science ; en 1880, des croiseurs, d'une vitesse de 11 à 13 nœuds seulement, étaient encore sur chantier.

Cette même année, l'Angleterre entreprit enfin d'asseoir son établissement militaire naval sur des bases solides ; aussi bien, l'extension des flottes étrangères, de celle de la France surtout, était devenue trop évidente pour qu'elle ne cherchât point à se prémunir contre les dangers qui en pouvaient résulter. Ce sont d'abord des mesures d'organisation : la création, en 1882, d'un service de renseignement, *Intelligence Department*, ressortissant à l'Amirauté et destiné à réunir tous les documents relatifs aux marines étrangères, à leur matériel, à leur armement, à leur tactique, à leur répartition en escadres ou en divisions navales, à leur rôle présumé en temps de guerre ; ensuite, l'institution, en 1884, d'un service d'état-major, ayant principalement pour mission de préparer la mobilisation de la flotte et d'étudier les circonstances de son emploi éventuel. Bientôt après, en 1885, on cherche à perfectionner les aptitudes du personnel pour le service de guerre en procédant à de grandes manœuvres navales annuelles. Puis viennent les décisions capitales : en 1888, l'*Imperial Defense Act*, qui décrète la construction d'une escadre pour la protection du commerce dans les eaux australiennes, et consacre des sommes importantes à la défense des ports et des stations de charbon ; en 1889, le *Naval Defense Act*, vaste programme d'accroissement de la flotte — dont coût 550 millions de francs — qui comporte un total de 60 bâtiments, dont 10 cuirassés, 32 croiseurs protégés et 18 torpilleurs (voir le tableau (1) au bas de la page suivante) à fournir, environ pour les deux tiers, par les chantiers de l'État, et pour le tiers, par l'industrie privée.

Tout cet ensemble correspondait à une nouvelle politique navale, à la fois défensive et offensive. Il s'agissait de garantir la métropole d'une invasion et d'en assurer le ravitaillement en toute éventualité, de protéger la flotte marchande en n'importe quel point de l'océan, de procurer la sécurité aux ports et aux côtes des Indes et des colonies, et de maintenir avec la métropole la liberté des communications. Ce côté défensif est d'une extrême impor-

tance, il y va d'une question de vie ou de mort. En 1850, l'Angleterre pouvait suffire à nourrir les deux tiers de ses habitants, aujourd'hui cette proportion est descendue à un peu plus de 20 °/₀ ; 40 millions d'hommes doivent être alimentés par le dehors. On avait songé à la rénovation de l'agriculture, à la création de vastes greniers, mais c'était chose irréalisable et, en tout cas, précaire; le développement de la marine de guerre a été choisi comme le meilleur moyen de sauver le peuple anglais de la famine, lors d'un péril extérieur.

Le rôle offensif, attribué à la marine, est aussi étendu que le rôle défensif. Elle doit être capable de retenir les flottes ennemies dans leurs ports, ou, si elles en sortaient, de les battre et même de les détruire ; de poursuivre et d'anéantir les croiseurs et les corsaires de l'adversaire ; de bloquer ses côtes, d'y causer le plus de dommage possible ; de capturer ou de couler ses vaisseaux mar-

(1) Classes et vitesses, tonnages approximatifs des vaisseaux à construire en vertu du *Naval Defense Act* (d'après les documents officiels :

	BATIMENTS DE COMBAT (Cuirassés)						CROISEURS PROTÉGÉS						TORPILLEURS		
	1re CLASSE			2e CLASSE			1re CLASSE			2e CLASSE					
	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes
A construire par l'industrie privée	4	17,2	14150	—	—	—	5	20	7350	7	20	3400	6	18,75	735
A construire sur les chantiers de l'Etat	4	17,2	14150	2	18	9000	4	20	7350	16	19 20*	2575 3400*	12	18,75	735
Totaux	8			2			9			23			18		
	10						32						18		
	60														

(*) Pour 16 d'entre eux.

chands et leurs convoyeurs ; enfin, de l'empêcher de se servir de la mer comme voie de communication.

Le programme de 1889 fut accompli plus rapidement qu'on ne l'avait annoncé. De 1890 à 1896, on lança 20 cuirassés, 19 croiseurs de 1re classe, 42 de 2e classe, 12 de 3e classe. Aujourd'hui la flotte anglaise comprend 428 bâtiments, dont 59 cuirassés, 24 croiseurs cuirassés et 87 croiseurs protégés ; 94 vaisseaux sont en construction, dont 9 cuirassés, 19 croiseurs cuirassés et 1 croiseur protégé (1).

(1) Tableau comparatif des flottes de guerre de la Grande-Bretagne, de la France, de la Russie, de l'Allemagne, de l'Italie, des États-Unis d'Amérique et du Japon, au 16 mars 1905, d'après un document officiel distribué à la Chambre des Communes (les vaisseaux russes internés sont compris dans le tableau).

	GRANDE BRETAGNE		FRANCE		RUSSIE		ALLEMAGNE		ITALIE		ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE		JAPON	
	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction
uirassés de 1re classe	53	9	20	6	14	8	16	8	14	4	12	13	5	2
» 2e classe	4	—	9	—	4	—	4	—	—	—	1	—	1	—
» 3e classe	2	—	1	—	1	—	9	—	2	—	—	—	—	—
isseaux cuirassés pour la défense des côtes	1	—	13	—	12	—	11	—	—	—	11	—	1	—
oiseurs cuirassés	21	19	17	8	6	6	4	4	6	4	6	9	8	—
roiseurs protégés de 1re classe	21	—	7	—	5	2	1	—	—	—	3	—	—	—
» » 2e classe	45	1	13	—	3	—	8	—	5	—	17	—	11	—
» » 3e classe	21	—	16	—	2	—	16	7	13	—	2	—	7	—
oiseurs non protégés	—	—	1	—	3	—	17	—	1	—	7	—	8	—
dairieurs	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—
rpilleurs 1re classe (Vessels)	21	—	15	—	7	—	1	—	11	—	—	—	1	—
ntre-torpilleurs (destroyers)	128	34	31	12	40	63	37	12	13	4	20	—	21	—
rpilleurs	91	—	238	96	162	10	84	—	128	27	31	1	84	—
us-marins	17	23	23	32	13	14	1	1	1	7	8	4	—	—
Totaux	428	94	407	154	272	103	209	32	194	46	118	30	147	2

La réorganisation de la flotte a été menée avec une rapidité surprenante, rappelant celle de Colbert sous Louis XIV (1) ; il est douteux qu'un pareil effort puisse être soutenu encore longtemps. Depuis vingt ans le budget de la marine a plus que triplé ; depuis quinze ans le personnel a doublé, il est actuellement de près de 122 000 hommes. Rien d'étonnant que le recrutement souffre quelque difficulté, comme aussi la constitution d'une réserve suffisante pour la guerre. On se demande si l'Angleterre peut conserver l'assurance de réduire la coalition des deux marines les plus puissantes — la française et l'allemande. D'après les spécialistes, l'écrasement de l'ennemi, pour être certain, exige, toutes choses égales d'ailleurs, une supériorité numérique considérable : cinq contre trois, pour les cuirassés. En 1902, aux 43 cuirassés de la France et de la Russie, l'Angleterre aurait dû en opposer 72, elle n'en possédait que 50, dont 11 vieux d'au moins 25 ans ; on estimait à 250 le nombre nécessaire de croiseurs et de torpilleurs, il n'en existait que 158. Aujourd'hui, l'Angleterre compte, en bâtiments construits et en construction, 68 cuirassés, 131 croiseurs et 112 torpilleurs, mais la France et l'Allemagne atteignent ensemble un total de 73 cuirassés, 124 croiseurs et 434 torpilleurs. La situation est moins bonne qu'en 1902 et il n'est pas à croire qu'elle s'améliore, au contraire. Si donc la formule « plus forte que les deux plus fortes », *two power standard*, n'est plus d'une application pleine et entière, que faut-il penser de cette prétention ambitieuse de la Grande-Bretagne de tenir tête aux marines réunies du monde entier, luttant victorieusement contre tous ses antagonistes européens et forçant au respect le restant des flottes militaires ?

(1) En 1661, lorsque Colbert prit le ministère, la France ne possédait que 30 bâtiments, dont 3 seulement de 60 canons. En 1666, elle en possédait 70, dont 20 brûlots; en 1671, 196. En 1683, sans compter un grand nombre de petits navires, elle disposait de 107 bâtiments de 24 à 120 canons.

En décembre 1904, le chancelier de Bülow disait que le nombre des nations maritimes avait tellement augmenté, qu'aucune puissance ne pouvait se déclarer maîtresse universelle des mers. C'était comme un avertissement donné à l'Angleterre, comme l'expression tempérée de la volonté de l'Allemagne de s'agrandir de plus en plus au point de vue naval. D'une rivalité économique s'accentuant toujours, est née, entre les deux peuples, une rivalité politique, qui engendre, à son tour, une rivalité militaire. Ni d'un côté, ni de l'autre, on n'a entièrement foi dans des assurances pacifiques et l'Allemagne, hâtant l'augmentation de sa flotte, lance deux cuirassés tous les ans. En février 1905, M. Austin Lee, l'un des lords de l'Amirauté, s'exprimait publiquement ainsi : « Il a été fait une nouvelle et complète répartition de la flotte, afin de pouvoir s'opposer à tous les ennemis possibles... Nous n'avons pas tant à ouvrir l'œil sur la France dans la Méditerranée, qu'à regarder avec plus d'anxiété vers la mer du Nord. » Ces paroles visaient un mémorandum du 6 décembre 1904, intitulé *Distribution and Mobilisation of the fleet* — complété par un second mémorandum du 15 mars suivant — qui, après l'*Imperial Defense Act* de 1888 et le *Naval Defense Act* de 1889, marque une troisième et importante étape dans la réorganisation de la défense maritime de l'Empire britannique.

Jusqu'en 1905 (voir le tableau (1) au bas de la page suivante), l'Angleterre ne possédait que trois flottes dans les eaux européennes, celles de la Méditerranée, du Canal et la flotte de réserve ; la première, de beaucoup la plus importante, comprenait, à une unité près, autant de cuirassés que les deux autres. Aujourd'hui quatre flottes sont affectées aux eaux européennes : la flotte du Canal, ancienne flotte de réserve, forte de 12 cuirassés modernes et ayant pour base les eaux métropolitaines ; la flotte de l'Atlantique, ancienne flotte du Canal, forte de 8 cuirassés modernes et ayant pour base Gibraltar ; la flotte

de la Méditerranée, forte de 8 cuirassés modernes et ayant pour base Malte ; enfin, la nouvelle flotte de réserve destinée au relèvement et au renforcement des autres, forte de 6 cuirassés et ayant pour base les eaux métropolitaines. A chacune de ces flottes est adjointe une division de croiseurs. Dans les eaux extra-européennes on ne compte plus que trois groupes de croiseurs : le groupe oriental, Chine, Australie et Indes, le groupe du Cap de Bonne-Espérance, et le groupe occidental, chargé de la surveillance de l'Atlantique, et que l'on désigne sous le nom de *Particular Service*, parce que les bâtiments d'école et d'instruction y sont rattachés ; ce dernier groupe a sa base à Devenport, dans les eaux métropolitaines. Les divisions du Pacifique, de l'Amérique du Nord et des Antilles ont été supprimées.

Deux faits importants ressortent de cette nouvelle répar-

(1) Flottes et divisions de la marine anglaise en février 1903 *(The Stamans Year Book)*.

	CUIRASSÉS			CROISEURS		DESTROYERS	TOTAUX
	1re CLASSE	2e CLASSE	3e CLASSE	CUIRASSÉS	PROTÉGÉS		
Flotte de la Méditerranée	14	—	—	2	10	24	50
Flotte du canal	6	—	—	2	5	—	13
Flotte de réserve	—	6	3	—	9	24	42
Division des croiseurs	—	—	—	6	5	—	11
Chine	4	1	—	1	10	6	22
Cap de Bonne-Espérance	—	—	—	—	6	—	6
Amérique du Nord	—	—	—	—	5	2	7
Pacifique	—	—	—	—	1	1	2
Amérique du Sud-Est	—	—	—	—	1	—	1
Australie	—	—	—	—	6	—	6
Indes Orientales	—	—	—	—	4	—	4
Totaux	24	7	3	11	62	57	164

tition : l'augmentation de la densité navale dans les eaux européennes et, dans ces eaux, le déplacement de la masse principale de la Méditerranée dans la Manche et dans la mer du Nord. Du premier de ces faits il apparaît que l'Angleterre renonce à l'occupation souveraine de tous les océans. Aussi bien, à l'ouest, la grande république anglo-saxonne, forçant les conséquences de la doctrine de Monroë, entend faire du golfe du Mexique et de la mer des Antilles des propriétés strictement personnelles et percer à son profit l'isthme de Panama ; elle donne à ses ambitions l'appui d'un établissement militaire qui, dans ces dernières années, a pris une extension considérable. A l'est, le Japon, rejetant son manteau féodal, a brûlé les étapes de la civilisation ; après avoir vaincu la Chine et conquis, comme le fit la Prusse en Allemagne, l'hégémonie en Asie, il s'est débarrassé pour longtemps de l'ours moscovite. A lui la première place en Extrême-Orient. Sur la surface de la terre se marquent trois pôles d'influence : anglais, anglo-saxons et nippons vont lutter à qui, dans l'avenir, fera de l'un d'eux le centre du monde. En attendant que cette lutte ébranle quelque jour l'Univers, l'on se ménage, l'on cherche à s'unir contre la compétition des autres peuples. Au moment où s'achevait la conférence de Portsmouth, le Japon et l'Angleterre renouvelaient plus étroitement leur traité d'alliance ; éventuellement — c'est du moins admissible — la flotte britannique soutiendrait celle du Mikado et l'armée japonaise prêterait son appui pour la défense des Indes. Avec les États-Unis, point de traité, mais John Bull ne cesse de faire à Jonathan des gestes amicaux, et n'est-ce pas son intérêt ? Le Canada, qui s'accole par d'immenses frontières à la puissante république américaine, est pour l'Angleterre un sujet constant d'inquiétude ; la métropole craint la défection d'une colonie dont l'autonomie est presque une entière indépendance. Par de bons rapports, il faut aussi se ménager vers les

Indes la route de Panama, si quelque événement fermait le canal de Suez.

Ainsi, pour le maintien de l'empire colonial britannique, c'est la politique d'alliance qui prévaut et c'est elle encore qui l'emporte pour la conservation de l'intégralité métropolitaine. Contre l'Allemagne, l'Angleterre se garde au moyen de la France qui lui prêterait le secours de son armée sur le continent. L'entente cordiale est accomplie et, après les incidents du Maroc, pour bien l'affirmer, Albion est allée promener ses cuirassés et ses croiseurs dans la Baltique, dont d'aucuns voulaient faire un lac allemand, et où elle n'avait plus montré ses escadres depuis 1854. Sans doute, la diplomatie a arrondi les angles. La flotte anglaise a été reçue de façon courtoise et officielle, mais l'opinion publique ne s'y est pas trompée. D'ailleurs, le moment psychologique était passé ; quand on commence à tirer le glaive, il ne faut pas s'arrêter ; sinon, il retombe de lui-même au fourreau.

Que croire après cela du néo-protectionnisme britannique, de cette fédération de la métropole et des colonies, se suffisant à elle-même, dédaigneuse de tout appui extérieur, et qui aurait pour adversaire quiconque n'y serait pas incorporé ? Chimère évidemment ! Mais les chimères ont leur valeur, les utopies leur raison d'être, et il reste que la formule de la fédération britannique, rêvée par les impérialistes d'Outre-Manche, sera l'expression véhiculaire de cette plus grande Angleterre dont ils ont l'orgueilleuse hantise. Certes, elle ne s'appliquera jamais à un groupement unitaire de tous les membres de l'Empire fondus dans une nouvelle nationalité, mais elle soutiendra de son prestige l'énergie des hommes d'État, et inspirera au peuple anglais tout entier la fierté qui donne aux nations leur grandeur et qui la leur conserve.

C. Beaujean.

LE TUNNEL

ET

LE CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE

DE LA JUNGFRAU

Ingénieurs et touristes s'intéressent également, mais à des points de vue différents, au gigantesque travail qui se poursuit actuellement à la Jungfrau. Un tunnel et un chemin de fer électrique — vraies merveilles de l'art — vont ouvrir aux alpinistes une voie aisée et sans danger jusqu'au sommet de la célèbre montagne.

Le 25 juillet dernier, cette œuvre gigantesque achevait de franchir une étape considérable : ce jour-là on inaugurait la station de la Mer de glace *(Eismeer)*, située à 3161 mètres d'altitude, en face des masses majestueuses du grand et du petit Fiescherhorn, du Wetterhorn, du grand et du petit Schreckhorn et de l'immense glacier appelé la Mer de glace. Une galerie descendante conduit de la station du chemin de fer à quarante mètres plus bas, aux rives mêmes du glacier.

Mais le spectacle sera autrement grandiose du haut de la Jungfrau (4167 mètres). Là, le regard embrasse un horizon immense où s'enchevêtrent et s'entassent glaciers et pics couverts de neiges éternelles. D'une part et au premier plan, se dressent les cimes du Finsteraarhorn (4275 mètres) et de l'Aletschhorn (4183 mètres). De

l'autre côté de la vallée du Rhône, ce sont les sommets les plus élevés des Alpes Pennines : le mont Rose (4638 mètres), le mont Cervin, le Weisshorn ; et là-bas, bien loin, c'est l'énorme massif du Mont-Blanc (4810 mètres), distant de plus de cent kilomètres.

Jusqu'ici des privilégiés, à l'âme vaillante et aux jarrets d'acier, ont seuls joui de ce spectacle, et ils en ont acheté le plaisir au prix de fatigues considérables et de sérieux dangers. Dans quelques années, tous, les moins hardis comme ceux dont l'ascension de la montagne eût, à mi-chemin, épuisé les forces physiques, y seront conviés et s'y rendront confortablement installés dans les voitures du chemin de fer de la Jungfrau.

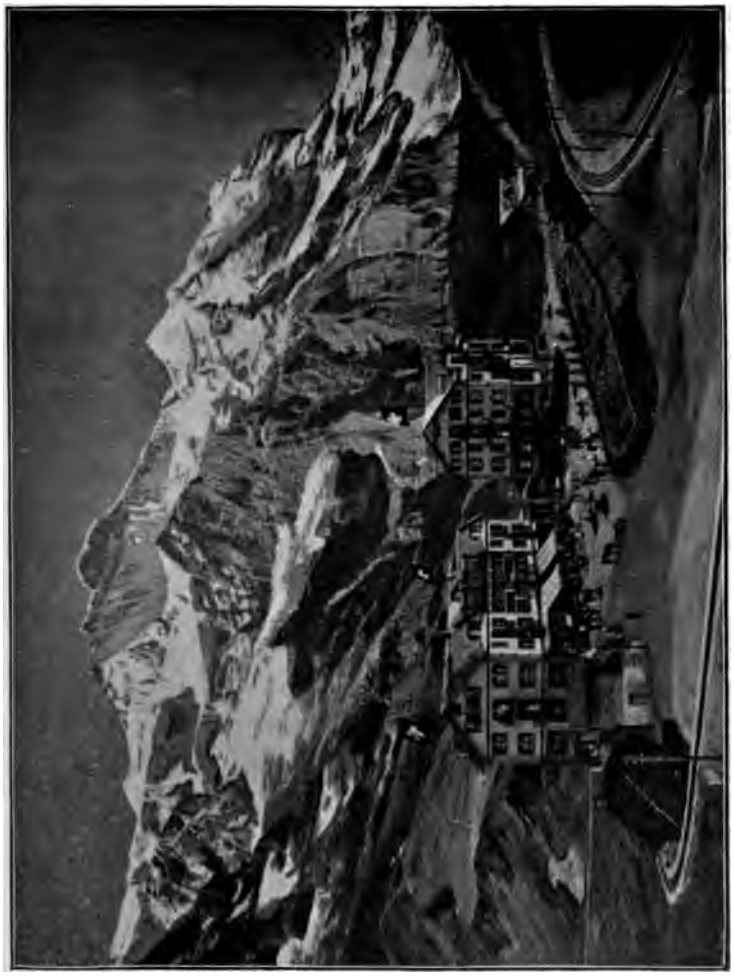
Nous nous proposons de présenter, sur cette gigantesque entreprise, une étude d'ensemble mise à jour au moment de sa publication.

Il ne manque pas de livres, de mémoires, d'articles de Revue qui lui sont consacrés : ils s'adressent, pour la plupart, à un public spécial d'ingénieurs et de techniciens. Nous les utiliserons ; mais nous tirerons parti surtout des renseignements recueillis lors des visites des installations et des travaux que nous avons faites en ces dernières années (1).

Notre travail comprendra deux grandes divisions se rapportant, l'une à la partie scientifique de l'œuvre, l'autre à sa partie technique.

La partie scientifique aura quatre sections : la première sera consacrée aux conditions sanitaires et esthétiques de l'entreprise. La seconde et la troisième traiteront de la géologie et de la thermique du sol du massif de

(1) Nous remercions M. K. Liechti, directeur technique, et M. W. Uehlinger, ingénieur, pour les services excellents qu'ils nous ont si aimablement rendus au cours de ces visites. Nous devons de très précieuses indications et nombre de renseignements inédits à M. H. Golliez, professeur de géologie à l'Université de Lausanne, à M. l'ingénieur F. Gianella, à M. le professeur F. Zwicky et à M. J. Hirsbrunner, capitaine d'artillerie à l'armée fédérale : qu'ils veuillent bien aussi agréer l'hommage de notre reconnaissance.



Jungfrau 4.167 mètres.

FIG. 1. — LA PETITE SCHEIDEGG ET LA JUNGFRAU.

la Jungfrau. Nous aurons l'occasion d'y développer les résultats scientifiques du percement. Enfin, dans la quatrième section, nous exposerons les travaux de triangulation qu'a exigés le tracé de l'axe du souterrain.

La partie technique se subdivisera en deux sections principales, où nous considérerons l'infrastructure du tunnel et la superstructure du chemin de fer. Nous comprendrons dans l'étude de l'infrastructure, le mode de construction du tunnel, la perforation, l'évacuation des déblais, le tir des mines et la ventilation. Nous rattacherons à l'étude de la superstructure les installations motrices hydrauliques, le transport de force, les transformateurs et la ligne à basse tension, la voie, le matériel roulant et l'établissement des stations. Un aperçu des résultats financiers de l'entreprise terminera notre étude.

Un mot de l'histoire et une rapide description du tracé du nouveau chemin de fer vont nous servir d'introduction.

Historique. — Lorsqu'en 1894 feu M. Guyer-Zeller de Zürich demanda au Conseil fédéral suisse la concession du chemin de fer de la Jungfrau, sa prétention fit sourire, et les journaux, toujours prompts à prendre parti, menèrent la campagne contre la concession. Avaient-ils pris la peine d'étudier le projet, présenté sous une forme précise et après une étude approfondie de la question ? Il est permis d'en douter ; mais on aurait tort de trop leur en vouloir. L'idée de construire un chemin de fer électrique jusqu'au sommet de la Jungfrau ressemble si fort, au premier abord, à un rêve, qu'on est excusable de s'y méprendre. Et puis, ce n'était pas la première fois que cette idée était jetée dans le public (1), et la plupart des demandes antérieures de pareille concession étaient marquées au coin d'une telle fantaisie et d'une telle ignorance

(1) Bornons-nous à rappeler le projet Koechlin, le projet Trautweiler et le projet Locher qui admettaient le fond de la vallée de Lauterbrunnen comme point de départ du chemin de fer.

des difficultés à vaincre, qu'elles avaient naturellement jeté le discrédit sur tout projet analogue.

Celui de M. Guyer-Zeller méritait mieux. On finit par le comprendre et par apprécier la noble et généreuse pensée qui le lui avait inspiré.

Il voulait procurer au grand nombre la jouissance, réservée jusqu'ici à quelques-uns, d'un des spectacles les plus grandioses de la nature, en les amenant à contempler l'une des plus belles régions du globe de l'une de ses cimes les plus élevées ; il consacra toutes les ressources de son intelligence et une part de sa fortune à la réalisation de cette entreprise ; et, à sa mort, deux ans à peine après le début des travaux, sa famille prit à cœur de poursuivre l'œuvre si péniblement et si généreusement commencée. Elle a droit à partager, avec l'initiateur de l'entreprise et ses collaborateurs, l'admiration des techniciens et la reconnaissance du grand public. L'ascension pédestre de la Jungfrau dure dix heures et coûte 350 francs en approvisionnements et en salaire des guides et des porteurs. Et que de dangers font courir à ceux qui l'entreprennent les précipices, les crevasses, les avalanches, qui les guettent à chaque pas pour les jeter aux abîmes ! Or, voici qu'on s'offre à y transporter tout le monde à moindres frais et surtout sans fatigue et sans danger. Libre aux touristes hardis ou téméraires de dédaigner le rail ; mais combien d'autres seront heureux d'en profiter ! Aussi, les adversaires de la première heure sont-ils revenus aujourd'hui à des sentiments moins hostiles, voire à des sentiments favorables, maintenant que les travaux suivent leur cours normal et que le succès paraît certain. Quelques-uns même se livrent à une admiration enthousiaste et n'hésitent pas à placer M. Guyer-Zeller au rang des gloires de l'Helvétie.

Description du tracé. — Le point de départ de la ligne est la station de la petite *Scheidegg* du chemin de fer de la Wengernalp, située à 2064 mètres d'altitude (Pl. I, fig. 1).

Les touristes s'y rendent, d'ordinaire, d'Interlaken, par les chemins de fer de l'Oberland bernois. La ligne se bifurque à Zweilütschinen et aboutit d'une part à Lauterbrunnen au sud, d'autre part, à Grindelwald, à l'est (fig. 2).

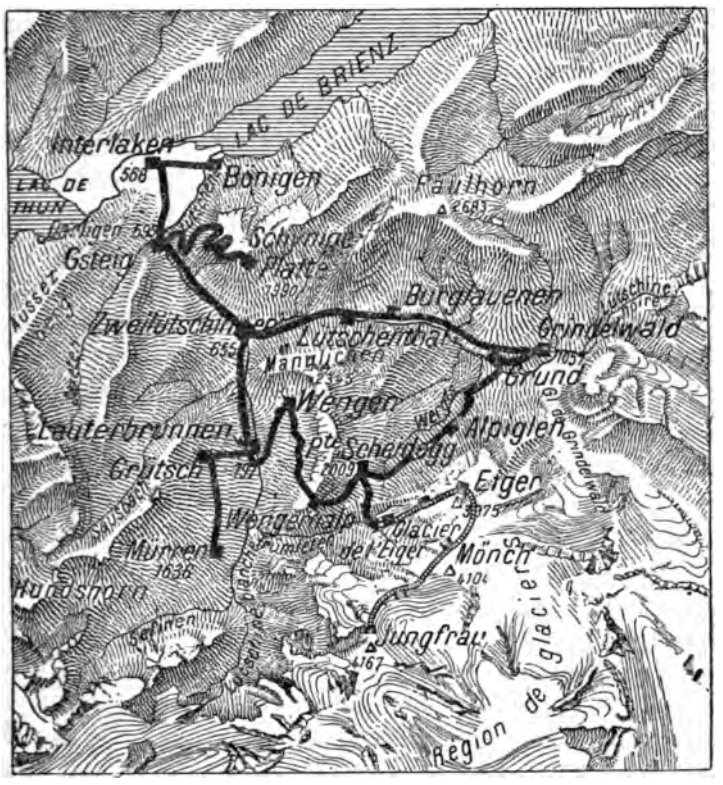


Fig. 2. — Les lignes d'accès au chemin de fer électrique de la Jungfrau.

Le chemin de fer de la Wengernalp réunit ces deux localités en passant par la station de la petite *Scheidegg*. C'est le long de la section de Wengen à la petite *Scheidegg* que l'on jouit des plus belles vues d'ensemble de l'Eiger, du Mönch et de la Jungfrau.

A partir de la petite *Scheidegg*, la ligne se dirige vers l'ouest, passe à côté du Fallbodenhubel, et, sauf un petit

tunnel qu'elle traverse, court à ciel ouvert jusqu'au bord du glacier de l'Eiger *(Eigergletscher)* (Pl. II, fig. 3); c'est là que commence le souterrain.

La ligne actuellement en exploitation se dirige vers l'est, le long de la paroi de l'Eiger, jusqu'à la station d'*Eigerwand*, d'où elle s'infléchit vers le sud, en une courbe de cinq cents mètres de rayon, pour atteindre la station d'*Eismeer* (fig. 4).

De la première station en galerie, *Rothstock*, on peut

Fig. 4. — Le tracé du chemin de fer électrique de la Jungfrau.
Légende : ——— Section à ciel ouvert.
—·—·— Tunnel en exploitation (1905).
..... Tunnel projeté.

atteindre le sommet du Rothstock, situé à 2668 mètres d'altitude, par un chemin taillé dans le roc. La station d'*Eigerwand*, ouverte aux touristes depuis deux ans, est située au kilomètre 2,4 dans le souterrain (Pl. III, fig. 5). Elle est creusée dans le roc, et se compose d'une grande salle, dont la voûte est supportée par des piliers.

Mais la station souterraine la plus importante est celle d'*Eismeer* (Pl. IV, fig. 6); elle est logée dans une immense excavation de près de cent mètres de longueur, ouverte d'un côté par de larges fenêtres, pratiquées dans les flancs de l'Eiger, et d'où la vue porte sur de vastes étendues où pics et glaciers se partagent l'admiration du touriste (Pl. V, fig. 7). Là, et dans le souterrain même, on établira des salles d'attente, des buffets, voire des chambres à coucher,

Eiger 3.975 mètres. GLACIER DE L'EIGER. Mönch 4.105 mètres.

FIG. 3. — EN VUE DE LA STATION D'EIGERGLETSCHER.

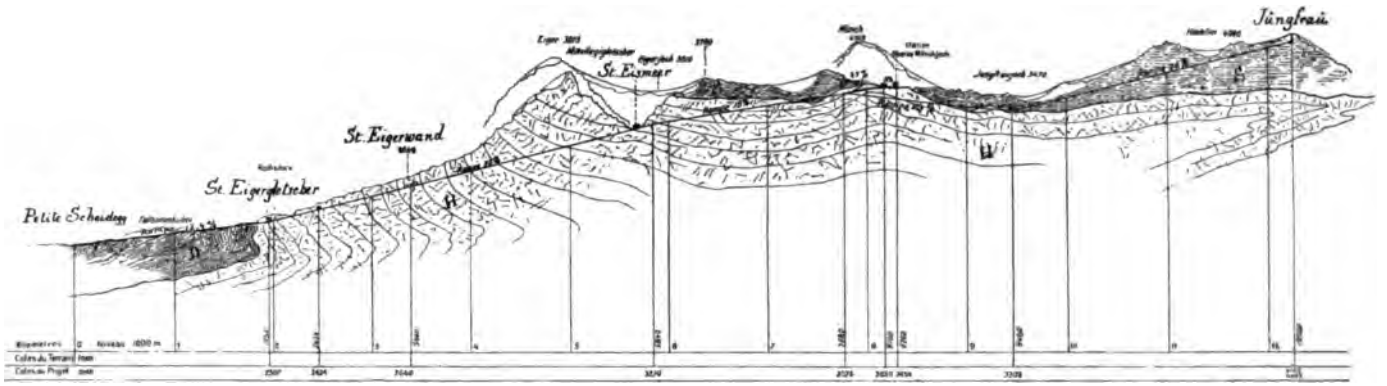


Fig. 8. — Tracé primitif adopté en 1895
et coupe géologique de M. H. Golliez (1895) membre de la Commission d'étude et de contrôle.

Légende : D = Schistes argileux, noirs, noduleux.
H = Hochgebirgskalk.
S = Schistes cristallins.

pour les voyageurs. Les parois, le plafond et le sol seront revêtus de bois ; tous les locaux seront éclairés et chauffés à l'électricité. En somme, on trouvera dans cette station et en son hôtel tout le confort moderne, et cela dans la zone des neiges perpétuelles.

On sait que l'on tente actuellement l'application à l'ascension du Wetterhorn d'un système de transport par câbles, composé de deux câbles porteurs et d'un câble tracteur. Ce système fonctionnera, au point de vue de la stabilité, comme un pont suspendu, avec cette différence que le pont tout entier sera ici en mouvement. Si cette entreprise donne des résultats satisfaisants, le chemin de fer de la Jungfrau emploiera le même système pour l'ascension de l'Eiger en partant de la station d'*Eismeer*.

Le conseil technique du chemin de fer examine en ce moment deux projets bien distincts pour relier *Eismeer* au sommet de la Jungfrau. En principe, la ligne doit traverser le Mönch et passer sous le col de la Jungfrau avant d'atteindre le sommet. Le projet adopté en 1895 (fig. 8) comportait la station du Mönch, à partir de laquelle la ligne était en contre-pente pour le passage du col. Mais cette contre-pente présente l'inconvénient de laisser les locomotives en panne en plein tunnel, en cas d'arrêt du courant électrique. C'est pour éviter cet inconvénient que l'on a proposé, en 1902, de supprimer la station du Mönch, et de relier la station d'*Eismeer* au col de la Jungfrau par un tracé direct à faible rampe (fig. 9). Dans ces conditions, si le courant venait à manquer, les trains pourraient redescendre à la station inférieure par le seul effet de la pesanteur. Toutefois, le projet primitif conserve des partisans. Ils préconisent l'établissement de la station du Mönch (3660 mètres) sur une esplanade, singulièrement favorisée au point de vue climatérique, car la neige ne s'y rencontre que sous une faible épaisseur. Les dimensions du plateau suffisent d'ailleurs à l'établissement d'une

station, d'un hôtel et même d'une remise pour le service du chemin de fer.

Les travaux ont été arrêtés à la fin du mois de novembre, afin de permettre au conseil technique du chemin de fer de fixer le choix du tracé qu'il conviendra d'adopter.

Le projet de la station du col de la Jungfrau *(Jungfraujoch)* prévoit deux percées latérales, dirigées l'une au nord, l'autre au sud, et qui permettraient aux touristes l'accès facile des glaciers de la Concordia, de l'Aletsch et de l'Eggis.

Au delà du col de la Jungfrau, le tracé se continue

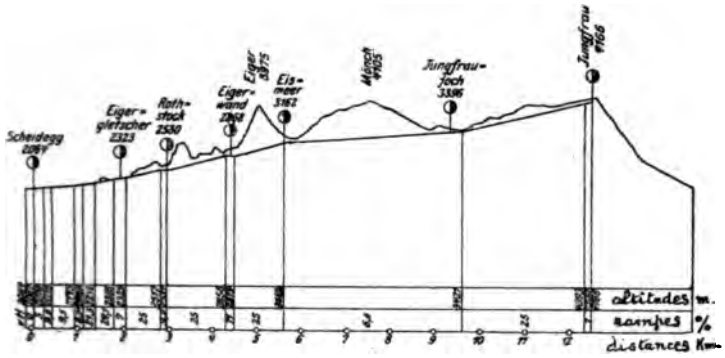


Fig. 9. — Nouveau tracé du chemin de fer de la Jungfrau (1902).

dans les flancs de la montagne, pour déboucher sur une esplanade située à 74 mètres en contre-bas du sommet. Cette esplanade, comme celle du Mönch, n'est jamais encombrée par les neiges ou les glaces et se prête à l'établissement facile d'une station et d'un hôtel. Enfin, un ascenseur vertical transportera les touristes au sommet de la Jungfrau.

Un tracé direct d'*Eigergletscher* à *Jungfraujoch* a été étudié, qui réduisait la longueur du tunnel de deux kilomètres environ ; il a été abandonné à cause de la difficulté que l'on eût rencontrée à percer des galeries latérales d'évacuation des déblais dans les flancs nord de l'Eiger et

du Mönch, sillonnés d'avalanches et couverts de glaciers. Ces galeries latérales ont été pratiquées, dans le projet en exécution, partout où le tunnel se rapproche de la paroi de la montagne : elles assurent la bonne aération du souterrain, tout en facilitant l'évacuation des déblais.

Nous avons réuni dans le tableau suivant les traits caractéristiques principaux des deux projets soumis au conseil technique.

	STATIONS	ALTITUDE	DISTANCE DU POINT DE DÉPART	DISTANCE D'UNE STATION A L'AUTRE	RAMPE MAXIMUM
	Ligne	mètres	mètres	mètres	millimètres par mètre
	Ligne exploitée				
1	Petite Scheidegg. .	2 064	0	2 015	250
2	Eigergletscher . . .	2 323	2 015	1 520	250
3	Eigerwand	2 868	3 535	1 980	250
4	Eismeer	3 161	5 515		
	1er tracé projeté				
4	Eismeer	3 161	5 515	2 431	150
5	Mönch	3 550	7 946	1 711	—100
6	Jungfraujoch	3 396	9 657	2 786	250
7	Jungfrau (plateau).	4 093	12 443	74 en hauteur	∞
8	Jungfrau (sommet)	4 167	12 443		
	2e tracé projeté				
4	Eismeer	3 161	5 515	3 885	66
5	Jungfraujoch	3 396	9 400	2 800	250
6	Jungfrau (plateau).	4 093	12 200	74 en hauteur	∞
7	Jungfrau (sommet)	4 167	12 200		

FIG. 5. — LA STATION D'EIGERWAND.

I

1. CONDITIONS SANITAIRES ET ESTHÉTIQUES

Parmi les objections formulées contre le chemin de fer de la Jungfrau, il faut rappeler celles qui ont trait aux conditions sanitaires et esthétiques ; elles méritent de retenir l'attention, ne fût-ce que pour constater que cette entreprise, comme toute grande œuvre, a fourni l'occasion de mettre au point plus d'une question intéressante.

Les conditions sanitaires se rattachent au mal de montagne, et réclament la solution de la question suivante :

La santé d'un homme bien portant, élevé en deux heures et sans fatigue, de 2000 à 4000 mètres d'altitude, ne souffrira-t-elle pas de la rapide variation de la pression atmosphérique qui en sera la conséquence ?

Le comité central du Club alpin suisse attribue le mal de montagne à trois causes principales : un régime alimentaire mal compris, le surmenage qu'entraîne une marche fatigante, enfin l'abus des excitants alcooliques. M. l'ingénieur topographe, S. Simon, partage cet avis.

Si nous consultons les aéronautes, nous entendons M. E. Spelterini déclarer qu'il n'a observé, au cours des 460 voyages aériens qu'il a entrepris, aucun malaise parmi les huit cents voyageurs, dont bon nombre de dames, qui l'accompagnaient dans ses ascensions ; et cependant, il a dépassé fréquemment la hauteur de 4000 mètres, il lui est même arrivé d'atteindre celle de 6140 mètres (1).

M. le docteur P. Regnard, dans une conférence donnée

(1) Au cours des ascensions de Glaisher (5 septembre 1862) et de Tissandier, Sivel et Crocé (le 15 avril 1875), où il y eut accidents graves et morts par asphyxie, les hauteurs atteintes furent respectivement de 8838 et 8600 mètres.

à la Société de Biologie de Paris (1), émet une opinion rassurante, fondée sur l'expérimentation.

Le savant professeur considère comme inexactes les deux opinions extrêmes qui attribuent exclusivement le mal de montagne soit à la dépression atmosphérique, soit à la fatigue résultant de la marche. En effet, si le mal de montagne tenait uniquement à l'altitude, on l'aurait tous ensemble et chaque fois que l'on atteindrait l'altitude critique. Si c'était une suite de la seule fatigue, on devrait l'avoir en plaine, ce qui n'a pas lieu. Il est vraisemblable que le malaise tient à la fois aux deux causes : un homme qui s'élève dans l'atmosphère, trouve, dans l'air de plus en plus raréfié qu'il respire, l'oxygène qui lui est nécessaire en quantité de plus en plus faible ; mais, s'il n'exécute aucun mouvement, l'asphyxie qui le menace pourra lui être épargnée, puisqu'il dépense économiquement le peu d'oxygène dont il dispose. Au contraire, qu'il vienne à produire un travail considérable en élevant son propre poids ou en s'agitant inconsidérément, l'oxygène, qui lui est mesuré parcimonieusement, deviendra insuffisant, et le mal de montagne, qui n'est qu'une forme particulière d'asphyxie, le terrassera : c'est le cas de l'alpiniste inexpérimenté.

L'expérience suivante, faite par M. le docteur P. Regnard, en fournit la preuve. Sous une cloche à vide, il place deux cobayes : l'un complètement libre, l'autre enfermé dans une cage d'écureuil, mise en mouvement par un petit moteur électrique à vitesse variable. La rotation de la cage oblige l'animal prisonnier à se mouvoir, à *monter* sans cesse pour éviter de tomber en avant, en sorte qu'il accomplit une ascension relative continue. La vitesse de rotation est réglée de telle façon que l'animal élève son propre poids de 400 mètres par heure. En même temps,

(1) COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES des séances de la Société de Biologie, Xe série, tome I, n° 14, pp. 365-368.

une trompe à vide permet de diminuer lentement la pression sous la cloche, où un manomètre indique, à chaque instant, sa valeur. Dans ces conditions, tant que le manomètre n'accuse pas une dépression correspondant à l'altitude de 3000 mètres, les deux cobayes semblent également insensibles; mais, dès que la dépression s'accentue, le cobaye prisonnier tombe fréquemment en avant, et donne des signes manifestes d'angoisse et d'impuissance, tandis que son compagnon reste absolument calme.

A 4600 mètres environ — c'est à peu près la hauteur du Mont Blanc — le voici qu'il se laisse tomber sur le dos, ne remue plus même les pattes et se laisse rouler comme une masse inerte, alors que le cobaye libre est encore parfaitement tranquille. Ce n'est qu'à 8000 mètres — hauteur des Himalaya — qu'il s'agite, roule sur le dos, écume et ne tarderait pas d'expirer si, à ce moment, le rétablissement graduel de la pression atmosphérique sous la cloche ne venait ranimer les deux victimes. Les suites de l'expérience sont intéressantes : tandis que le cobaye surmené par son ascension forcée reste malade le lendemain, l'autre se met à manger moins d'une demi-heure après l'épreuve.

Mais on ne pouvait évidemment s'en tenir à cette expérience de laboratoire.

Au sein de la commission chargée par le Conseil fédéral d'étudier la possibilité et les conditions de l'établissement du chemin de fer de la Jungfrau, se trouvait M. le professeur Kronecker, de Berne, auquel l'examen des conditions sanitaires de l'entreprise fut spécialement confié. Avant de formuler son avis, il fit en montagne une série d'expériences sur des sujets d'âge et de tempérament différents. Voici les conclusions du rapport, solidement documenté et très intéressant, qu'il présenta au Conseil (1).

1° A une altitude supérieure à 3000 mètres, le mal de

(1) *Le Projet du chemin de fer de la Jungfrau*, examiné au point de vue scientifique, technique et financier. Zürich.

montagne atteint tous les sujets, dès que ceux-ci se livrent à un exercice fatigant, mais un même effort, effectué par différentes personnes, occasionne chez chacune d'elles ce malaise à des degrés différents ; pour beaucoup d'individus, les moindres mouvements peuvent produire des attaques inquiétantes.

2° Les diverses régions des Alpes ne provoquent pas avec la même intensité le mal de montagne ; généralement, et toutes choses égales d'ailleurs, les sommets sont moins funestes que les enfoncements abrités.

3° Les personnes bien portantes supportent, jusqu'à l'altitude de 4000 mètres, un transport sans fatigue, sans qu'il en résulte de malaise notable ou de danger appréciable pour leur santé ; mais, dès qu'elles se livrent à des mouvements brusques, elles éprouvent des symptômes désagréables, même menaçants, de troubles circulatoires.

4° On devrait conseiller à tout excursionniste, inaccoutumé à la montagne, de ne pas prolonger son séjour à la station du sommet au delà de deux ou trois heures.

5° Enfin il conviendrait d'éprouver les qualités de montagnard des ouvriers de la ligne et des employés du chemin de fer, avant le début du travail, et éventuellement, il faudrait leur donner le temps et l'occasion de s'acclimater.

De fait, l'expérience réalisée, au cours des travaux, sur les ouvriers du chemin de fer a montré que non seulement le mal de montagne ne les atteint pas, mais que les conditions hygiéniques sont là-haut particulièrement favorables ; les maladies graves sont inconnues dans ce petit peuple de travailleurs, privé, pendant la saison des neiges, de tout contact avec le reste du monde.

Une autre objection que l'on a faite au chemin de fer de la Jungfrau, s'inspire de considérations esthétiques. Des membres de l'Assemblée fédérale se sont demandé si sa construction n'allait pas défigurer la montagne et

enlever aux hautes Alpes le charme de leur beauté sauvage. L'appréhension se conçoit, mais elle n'est point justifiée. La ligne est ici presqu'entièrement construite en tunnel, elle respecte donc tout le décor de la montagne. Sans doute, elle court aussi en partie à ciel ouvert, et on a ménagé des ouvertures dans les flancs du rocher ; mais vient-on à chercher, des sommets voisins et l'œil armé d'une lunette, les stations et la voie ferrée, on a grand mal à les découvrir ; une vue de la paroi de l'Eiger, prise de la mer de glace, montre à peine les larges fenêtres de la station d'Eismeer.

D'ailleurs, on peut différer d'opinion sur l'effet produit par un chemin de fer dans un paysage. Personne ne niera que les vallées de la Reuss et du Tessin n'aient beaucoup gagné par la construction du chemin de fer du Saint-Gothard. Il est permis d'admirer, même au sein d'un superbe panorama, l'effet pittoresque de certaines œuvres d'art, et toutes ne sont pas indignes du cadre qui les entoure.

Encore, dira-t-on, n'est-ce pas une profanation que d'imposer à la montagne ce joug de fer ? Faire l'ascension de la Jungfrau en voiture-salon, est-ce là ce que demandent ces milliers de touristes que les merveilles de la nature attirent chaque année dans ces régions privilégiées ? — A quoi répond tant d'indignation ? Tous ceux qui, de nos jours, courent les montagnes, y sont-ils donc poussés par le sentiment de leur admirable beauté ? Combien n'y en a-t-il pas qui font l'ascension de telle cime uniquement pour la gloriole d'y être montés ou d'avoir atteint le sommet en moins de temps que d'autres, qui les y ont précédés ? Combien n'y cherchent qu'un exercice de sport, où les muscles seuls ont leur part ? Personne ne songe à leur imposer le chemin de fer, mais pourquoi le refuser à tant d'autres, moins bien musclés mais plus sensibles peut-être aux charmes de la nature, et qui, sans lui, en seraient fatalement privés ?

Il est superflu d'insister.

2. ÉTUDE GÉOLOGIQUE DU MASSIF DE LA JUNGFRAU

Les études géologiques qu'a nécessitées le tracé du chemin de fer de la Jungfrau ont été faites par M. Golliez en 1895 et en 1896. Elles ont tout d'abord confirmé la possibilité du projet de M. Guyer-Zeller et lui ont apporté la sanction d'une étude approfondie du terrain et des conditions de réalisation. Disons de suite que les prévisions géologiques de M. Golliez se sont, jusqu'ici, réalisées de point en point. Mais outre ces données pratiques indispensables, l'étude géologique de ce massif, surtout au nord, amena M. Golliez à une interprétation nouvelle de la techtonique de la région. Cette interprétation se rattachait directement aux hypothèses émises en 1882 par M. Marcel Bertrand sur le double pli glaronnais et admettait que les massifs du nord de la chaîne de la Jungfrau étaient formés par une vaste nappe chiffonnée venant du Sud et recouvrant les terrains du Hochgebirgskalk. Cette opinion devait recevoir la consécration du maître lui-même : en 1897, MM. Marcel Bertrand et M. Golliez, étudiant en commun les chaînes nord entre la Kander et le Lac des Quatre Cantons, confirmèrent que toute cette chaîne est le résultat d'un énorme recouvrement venu du sud.

Déjà M. Balzer avait signalé la présence d'intercalations de schistes et de grès dans la paroi nord de la masse de l'Hochgebirgskalk, entre le Schwarzmönch et la Jungfrau, mais ce fait n'était pas accepté comme une démonstration suffisante du plissement secondaire des couches. Les observations faites dans le tunnel sont venues la corroborer. Elles ont permis, en effet, de constater la répétition du grès nummulitique éocène, dans le voisinage des stations de Rothstock et d'Eigerwand (fig. 10), dans des conditions telles que l'on put conclure au chiffonnement de la masse, en apparence homogène, du Hochgebirgskalk. Or le che-

vauchement du massif de la Jungfrau et le chiffonnement des couches qui le composent sont des caractères que l'on retrouve dans la structure si compliquée du massif du Simplon. Ce sont donc des masses énormes que la poussée venue du sud a refoulées vers le nord, sur un parcours

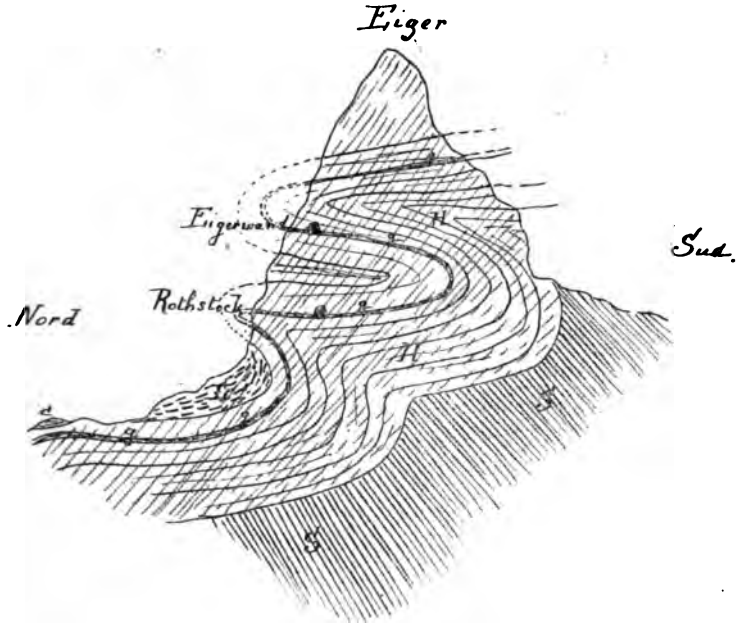


Fig. 10. — Coupe géologique du massif de l'Eiger établie par une projection sur un plan méridien.

Légende : S = Schistes cristallins.
H = Hochgebirgskalk.
g = Grès nummulitique éocène.
L = Lias.
C = Crétacé.

de plus de cinquante kilomètres, pour les rejeter sur les terrains sous-jacents d'âge plus récent.

Une description rapide des terrains de la région facilitera l'intelligence de ces bouleversements.

Les roches qui composent le massif de la Jungfrau et que l'on rencontre en suivant le tracé du chemin de fer à partir de la petite Scheidegg, peuvent se grouper en trois

complexes nettement définis : ce sont des *schistes argileux, noirs, noduleux*, le *calcaire* dit *Hochgebirgskalk*, et des *schistes cristallins*.

Le complexe des schistes argileux, très puissant dans la chaîne des Scheidegg, est formé de schistes très lamelleux, argileux, et d'un noir de graphite. Les nombreuses lamelles de mica qui s'y sont développées, donnent à la cassure de la roche un aspect satiné, qui permettrait de les appeler *schistes luisants* ou *lustrés*. La présence fréquente, au sein des couches, de rognons de matière calcaire ou siliceuse de la grosseur du poing, achève de justifier l'appellation de schistes argileux, noirs, noduleux donnée à ces terrains.

Le raccordement de ce complexe avec son analogue plus fossilifère des Alpes bernoises occidentales et des Alpes vaudoises, fait attribuer ces roches au Dogger inférieur, ou plutôt au Lias supérieur (aalénien), à cause des quelques rares fossiles qu'on y a trouvés, notamment les ammonites Murchisonæ.

Dans la chaîne qui nous occupe, ce terrain se rencontre tout le long de la ligne du chemin de fer de la Wengernalp, depuis Wengen jusqu'à la petite Scheidegg, et jusqu'à Grindelwald. Ces schistes sont traversés çà et là par des bancs peu épais du calcaire gris compact du Hochgebirgskalk sous-jacent. D'après B. Studer, le fondateur de la géologie de ces contrées, le Hochgebirgskalk comprend un ensemble de calcaires, en bancs de diverses épaisseurs, d'aspect marbré ou de texture semi-cristalline. Ces bancs caractérisent les hautes Alpes bernoises, et l'on peut dire que c'est l'étude de la chaîne Eiger-Mönch-Jungfrau qui a fourni et justifie l'appellation de Hochgebirgskalk.

Jusqu'ici ces roches avaient été attribuées par tous les géologues au Malm, c'est-à-dire au Jurassique supérieur. M. H. Golliez croit pouvoir les considérer comme un ensemble de terrains compris entre l'Oxfordien et le

calcaire nummulitique, en sorte que, d'après ce savant géologue, ces couches s'étendraient du Jurassique supérieur à l'Éocène. Un point important pour les techniciens, c'est la remarquable homogénéité apparente de ce complexe et son énorme épaisseur. Dans cet ensemble, en effet, on ne rencontre que des calcaires durs, en bancs épais de plusieurs mètres, ou tout au moins en plaquettes difficiles à séparer. Le plus souvent ces calcaires sont gris clair, mais on en rencontre de teinte foncée et même de noirâtres et d'aspect marbré. Quant à la puissance du Hochgebirgskalk, on en juge aisément par les énormes remparts calcaires de la chaîne Eiger-Mönch-Jungfrau. L'Eiger lui-même, de sa base — au col de la petite Scheidegg — jusqu'au sommet, est formé de ces roches, ce qui représente un massif de plus de 1400 mètres de hauteur verticale, massif, il est vrai, replié sur lui-même.

Les sommets du Mönch et de la Jungfrau sont formés de roches cristallophyliennes, et, en particulier, de gneiss et de schistes cristallins dans l'acception générale du terme. Ces roches cristallines sont paléozoïques et formées d'un ensemble de schistes métamorphiques micacés, que l'on trouve dans le voisinage, à l'entrée des vallées de Stechelberg et des deux glaciers de Grindelwald, et même plus loin, à l'entrée du Valais, du Hasli et de la vallée de la Reuss. Ces schistes micacés représentent des sédiments puissamment métamorphiques, traversés par des filons de granit dont l'épaisseur est très variable : elle atteint parfois jusqu'à vingt mètres, et se réduit souvent à une simple infiltration entre les lames de micaschiste, pour former du gneiss. L'endomorphisme, ou l'influence des roches encaissantes sur le magma éruptif, a donné lieu à des formations abondantes de biotite, d'amphibolite et de séricite d'une extrême variété. L'ensemble de ces roches mérite donc bien le nom de *schistes granitisés* que l'école moderne lui a donné.

En somme, le massif Eiger-Mönch-Jungfrau est donc

constitué de trois ensembles de roches complexes, allant du paléozoïque jusqu'à la base du tertiaire. Il est intéressant d'étudier les rapports qui relient entre eux ces éléments divers.

Les massifs calcaires de l'Oberland bernois, en contact avec les couches schisteuses qui les bordent au nord, soulèvent un des problèmes les plus importants de la géologie de l'Helvétie. Le contraste entre ces deux contrées est frappant : les escarpements formés par les terrains calcaires plus récents dominent fièrement les terrains schisteux plus anciens, qui s'étalent à leurs pieds; en plusieurs points, ces terrains schisteux s'enfoncent même dans les calcaires, et il était permis autrefois d'admettre qu'ils pouvaient se raccorder en profondeur avec les terrains du même âge, connus sous le nom de *Zwischenbildungen*, et qui s'intercalent plus au sud entre le gneiss et les mêmes calcaires.

M. Balzer et M. Moesch ont étudié chacun de ces terrains séparément, sans envisager leurs rapports mutuels. Le premier essai de rapprochement fut tenté par M. A. Heim. Il fit une série de coupes et les interpréta en supposant un double pli, qu'il décomposa en pli du nord et pli du sud. En 1882, M. M. Bertrand émit le premier l'hypothèse d'un énorme pli couché : la charnière serait formée du pli du nord, alors que la base serait composée du pli du sud de M. A. Heim. Cette hypothèse avait contre elle l'amplitude considérable du mouvement qu'elle suppose et la difficulté de fixer les limites de cette masse étrangère, en précisant où elle se termine et où réapparaissent les terrains en place. Aussi fallut-il attendre que les remarquables travaux de M. H. Schardt, dans les Préalpes, de M. Golliez dans les Alpes bernoises et ceux de M. M. Lugeon dans le Chablais, eussent démontré le rôle des grands déplacements horizontaux, pouvant atteindre jusque cinquante kilomètres, pour préparer le triomphe de l'hypothèse de M. M. Bertrand. Encore la

solution du problème réclamait-elle des études de détail, des observations longtemps et soigneusement répétées, comme celles de M. H. Schardt, de M. Golliez et de M. M. Lugeon. On ne les a pas négligées. Dans leur mémoire très documenté, MM. Marcel Bertrand et H. Golliez ont fait faire un progrès important à la théorie des masses de recouvrement dans la région de l'Oberland bernois, en établissant la continuité de la bande nummulitique, entre l'Aar et le Kander, l'allure plongeante des

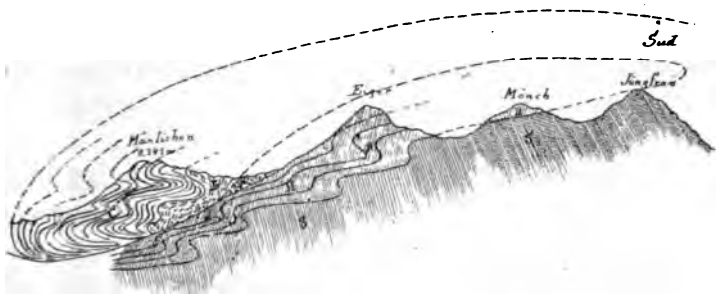


Fig. 11.— Coupe géologique du massif Männlichen, Eiger, Mönch, Jungfrau par M. H. Golliez (1905).

Légende : S = Schistes cristallins.
H = Hochgebirgskalk.
N = Calcaire nummulitique du Fallbodenhubel.
L = Lias.
C = Crétacé.

plis au sud et l'absence de racine pour une partie au moins des massifs situés au nord (Groupe de Schilthorn) (1). On ne peut dire toutefois que le problème soit définitivement résolu. Mais il faut ajouter que la démonstration du chiffonnement des assises, fournie par le percement du tunnel de la Jungfrau, sans présenter le caractère d'une preuve décisive, fournit cependant un témoignage favorable à l'hypothèse de M. H. Golliez et aidera certainement l'étude du massif des hautes Alpes bernoises. La

(1) *Les Chaînes septentrionales des Alpes bernoises.* BULLETIN DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3e série, t. XXV.

simple comparaison des coupes géologiques de M. H. Golliez fait voir les progrès accomplis, grâce au percement du tunnel, dans la connaissance de la structure intime du massif (fig. 8 et 11).

Mais, la nature géologique des terrains traversés par le nouveau chemin de fer nous intéresse ici à un autre point de vue encore. Dans l'établissement d'un ouvrage d'art dans les conditions et de l'importance du tunnel de la Jungfrau, la question des matériaux de construction est capitale, et le fait que la voie souterraine a ici une longueur considérable, la rend plus importante encore : il est manifestement avantageux d'éviter les maçonneries, d'un prix toujours élevé. Mais il faut que les terrains s'y prêtent.

Les travaux effectués dans les schistes noirs noduleux sont tous à ciel ouvert : nous n'avons pas à nous en occuper.

Le tunnel traverse, dès son origine et sur la plus grande partie de son parcours, les calcaires du Hochgebirgskalk. Dans la section achevée du souterrain, les parois se maintiennent parfaitement sans aucun revêtement en maçonnerie. Ces résultats répondent aux prévisions de M. H. Golliez, qui avait été appelé à se prononcer sur cette question importante (1). L'avis de l'éminent géologue se basait sur la façon dont la roche se comporte dans la montagne et au laboratoire. Ainsi, dans la région de l'Eiger, partout où règne le Hochgebirgskalk, se dressent des parois tellement abruptes que la neige même a peine à s'y fixer ; cependant les éboulis sont très rares à leur base, ce qui prouve bien qu'elles résistent victorieusement aux agents atmosphériques. Près de Lauterbrunnen, la grande paroi d'où tombe le Staubbach est faite de Hochgebirgskalk. Les célèbres gorges de l'Aar sont taillées dans les mêmes calcaires. Tous les touristes

(1) H. Golliez, *Résumé des études géologiques du tracé du chemin de fer de la Jungfrau*, concession : Guyer-Zeller. Zürich.

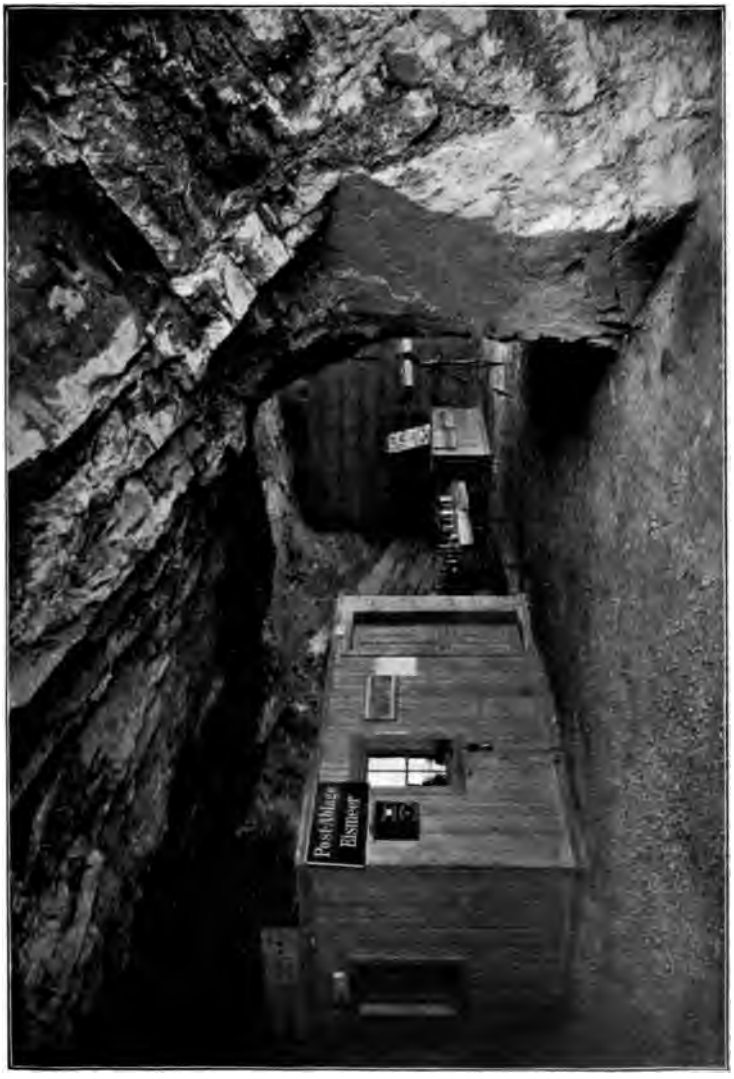


FIG. 6. — LA STATION D'EISMEER.

admirent ces murailles qui résistent fièrement à mille causes de destruction, et conservent leur allure verticale sur une hauteur considérable. D'autre part, les essais de désagrégation, pratiqués au laboratoire sur des échantillons de ces roches, n'ont donné aucune trace de gélivité. La nature apporte donc à l'art, dans le percement du tunnel de la Jungfrau, un généreux concours.

La dernière section du souterrain sera construite dans les schistes cristallins et les gneiss. Ces roches sont moins homogènes que les calcaires ; elles permettront cependant de tenter l'essai d'un passage sans revêtement en maçonnerie. Il est possible que la traversée des gneiss, en bancs suffisamment épais, se fasse comme celle du Hochgebirgskalk; mais il sera prudent de recourir à la maçonnerie dans la traversée des couches plus schisteuses et plus feuilletées.

Remarquons enfin que c'est aux variations de température surtout qu'est due la désagrégation des roches. Or, si l'on excepte une couche superficielle de faible épaisseur, nous allons voir que les roches du tunnel se maintiennent à une température presque invariable.

3. THERMIQUE DU SOL DANS LE TUNNEL

Dans les sections du tunnel actuellement ouvertes à l'exploitation, les observations thermométriques n'auraient présenté qu'un médiocre intérêt ; aussi ne les entreprendra-t-on qu'au delà de la station d'Eismeer, lorsque le souterrain pénétrera dans la zone des températures aériennes franchement négatives. L'utilité de ces observations se conçoit aisément : elles fournissent des renseignements précieux sur la distribution des températures à l'intérieur du sol, et un contrôle nécessaire aux procédés empiriques auxquels on est généralement réduit pour les calculer. Nous suivrons, dans notre exposé, l'étude de M. Golliez.

On sait que l'on détermine la température probable, à une profondeur donnée, en une région déterminée, en recourant aux données suivantes : la température moyenne annuelle de l'air, la profondeur de la couche à température constante, et la valeur du degré géothermique applicable dans la région considérée.

Ces données ne sont pas directement fournies par l'observation, mais elles s'en déduisent avec une approximation plus ou moins grande et de diverses façons. Ainsi, la température moyenne annuelle de l'air dans une région de niveau supérieur à celle où des observations thermométriques ont été faites, s'évalue par l'application de la loi de la décroissance de la température avec l'altitude dans ces contrées, à partir d'une origine d'altitude et de température moyenne annuelle connue.

Nous appelons *degré aérothermique* d'une région donnée, la variation d'altitude entraînant une diminution d'un degré dans la température de l'air à un instant déterminé.

Les observations météorologiques ont permis d'évaluer le *degré aérothermique moyen annuel* dans les Alpes : il vaut 170 mètres ; en n'utilisant que les observations faites en été, il se réduit à 143 mètres, et il atteint, pour celles de l'hiver, jusque 222 mètres.

Quant à la température prise comme point de repère, il y a manifestement avantage à la choisir à une altitude aussi élevée que possible, puisque l'on diminue ainsi l'erreur qu'entraîne l'introduction dans les calculs d'une valeur plus ou moins exacte du degré aérothermique. D'autre part, il importe aussi que cette température initiale puisse être contrôlée par un grand nombre d'observations. Ce sont ces raisons qui ont amené M. Golliez à choisir, pour point de repère, le Saint-Bernard, situé à l'altitude de 2478 mètres et dont la température moyenne annuelle, déduite d'une série de vingt-sept années d'observation, peut être fixée à —1°,76.

La température moyenne annuelle au sommet de la Jungfrau a été déterminée, par le calcul, de deux façons différentes. En adoptant le degré aérothermique moyen annuel de 170 mètres, à partir du Saint-Bernard, et les caractéristiques du point d'origine que nous venons de donner, on trouve —11°,69. Des calculs analogues, effectués sur le degré aérothermique mensuel fourni par les observations météorologiques des Alpes, et sur les températures moyennes correspondantes observées au Saint-Bernard, donnent —12°,2. L'écart, on le voit, est peu considérable.

La température moyenne, en été, au sommet de la Jungfrau, serait de —5°,5, valeur très voisine de celle observée au sommet au Mont-Blanc (—5° à —6°) par M. Vallot. Le diagramme ci-joint (fig. 12) montre nettement l'allure des résultats du calcul relatifs à la détermination théorique de la température moyenne annuelle et de la température moyenne de l'été, le long de la paroi, dans le voisinage du tunnel. Ce même tableau donne, en outre, les températures correspondantes dans le souterrain. Nous allons en dire un mot.

On savait que la profondeur de la couche du sol à température constante est peu considérable dans ces régions élevées, que l'on a assimilées aux contrées septentrionales. Mais, dans ce domaine des neiges perpétuelles, il fallait se rendre compte de l'influence de l'épais manteau d'hermine qui recouvre le sol. Les sondages, effectués au sommet du Mont-Blanc sous la direction de M. l'ingénieur Imfeld, et les observations de M. Vallot ont confirmé cette conclusion formulée pour la première fois par M. Golliez, que la glace fonctionne comme le sol au point de vue thermique, c'est-à-dire qu'elle possède également une couche à température constante, au voisinage de la surface. La profondeur moyenne de cette couche à température constante, mesurée à partir de la surface, serait, dans le sol comme dans la glace, de 6 à 10 mètres environ dans ces régions.

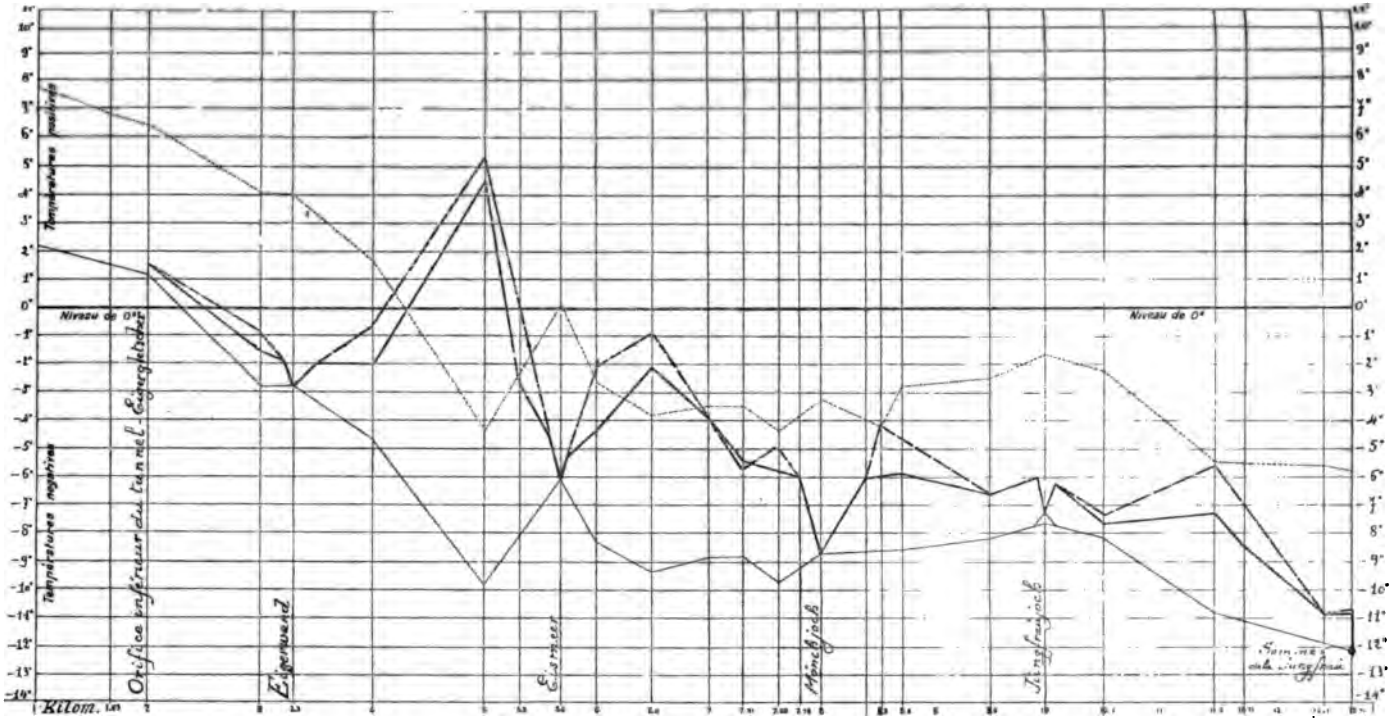


Fig. 12. — Diagramme des températures probables au tunnel de la Jungfrau.

Légende : ——— Température moyenne à la surface, le long du profil en long.
- - - - - - - - » » de l'air en été à la surface le long du profil en long.
▬▬▬ » » du roc au niveau du tunnel par la méthode de la plus courte distance d,
— — — — » » » » » » » » hauteur verticale h.

L'expérience faite au Simplon (1) a montré l'extrême variabilité du degré géothermique due à la structure des terrains et surtout aux venues d'eau. Celles-ci ne sont pas à craindre ici, grâce à la température relativement basse qui y règne ; et, de fait, la traversée de l'Eiger, aujourd'hui terminée, s'est accomplie dans un roc absolument sec.

Afin d'être fixé, au moins d'une manière approchée, sur les températures t que l'on devait s'attendre à rencontrer dans le souterrain, on les a calculées par les formules de Stapff, soit en fonction de la hauteur verticale du sol, h, on a alors $t = \theta + 0{,}02079\, h$; soit en fonction de la plus courte distance d à la paroi, ce qui donne $t' = \theta' + 0{,}02159\, d$. Dans ces formules, t et t' sont les températures du point d'affleurement de la hauteur verticale h et de la plus courte distance d. La valeur du degré géothermique supposée est de 47 mètres environ. Les résultats du calcul des températures t et t' dans le souterrain, fournis par ces formules, sont donnés dans le diagramme (fig. 12). De ces deux températures du sol au niveau du tunnel, c'est à celle que donne l'emploi de la plus courte distance qu'il convient d'attribuer le plus d'importance, car le tunnel longe souvent les parois de rochers à quelques mètres seulement. D'ailleurs, les deux déterminations auront leur valeur dans l'étude thermique de chaque point particulier. On remarquera que la courbe qui traduit ces données met nettement en évidence ce fait important : dans la majeure partie du tunnel, la température sera inférieure à zéro degré centigrade. Que peut-on prévoir de l'influence de ces basses températures sur la désagrégation des roches, et quelles conditions imposent-elles à la construction du tunnel et de la voie ?

Au sein même du tunnel, la température restera sensiblement stationnaire, grâce à sa situation dans les couches

(1) H. Schardt, *Les Résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon*, géologie-hydrologie-thermique. BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE, Lausanne, 1905.

profondes du sol, et à la petitesse vraisemblable des variations que leur fera subir le mouvement de l'air dû à la ventilation naturelle et à l'exploitation du chemin de fer. Dès lors, on n'a pas à redouter les effets désastreux des variations brusques et considérables de la température sur ces roches, d'ailleurs si résistantes et si peu gélives.

Au voisinage de l'orifice et aux stations d'Eigerwand et d'Eismeer, la température subira manifestement des fluctuations quotidiennes, mais la ventilation naturelle en

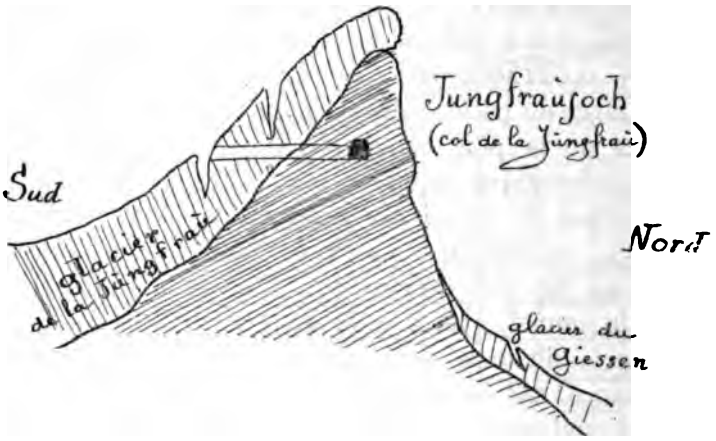
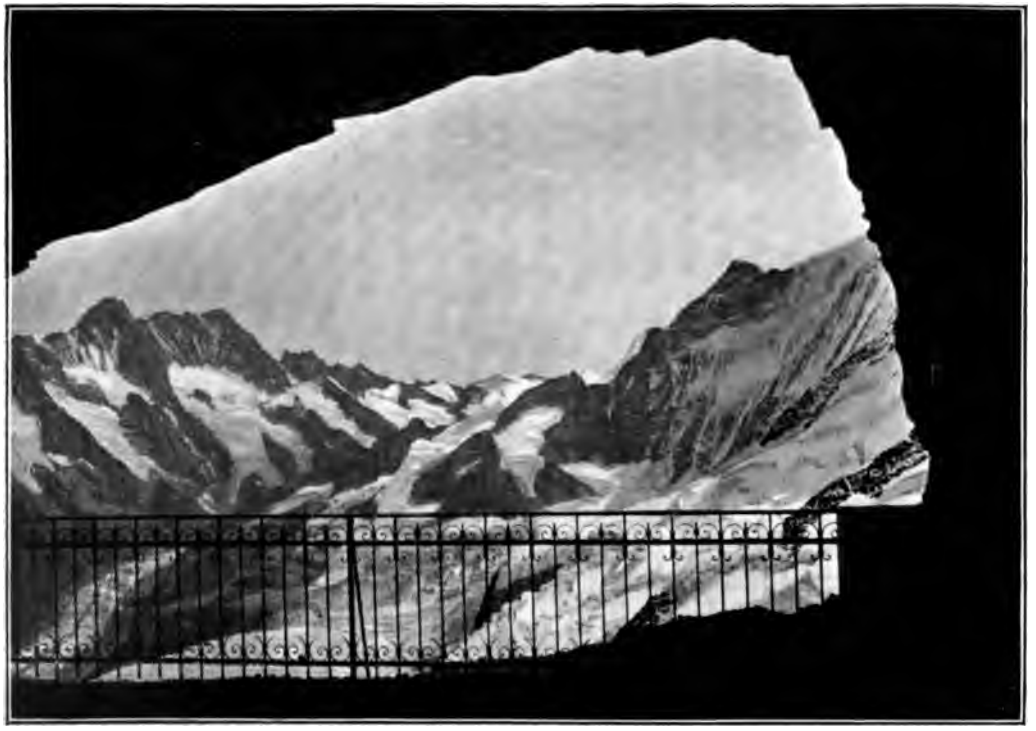


Fig. 15. — Profil en travers du massif au col de la Jungfrau.

resserrera les limites, et elles seront inoffensives, tous ces points étant situés en plein massif de l'Hochgebirgskalk, dont nous connaissons la résistance à la désagrégation.

Quant à l'influence de la température du sol sur les constructions, elle est plutôt favorable, puisqu'au delà de la station d'Eismeer, le souterrain tout entier restera à une température inférieure à zéro, en sorte que les travaux de maçonnerie, l'édification des bâtiments, la pose de la voie, se feront sur roc gelé.

Une difficulté se présente pour le passage sous le col de la Jungfrau dont le flanc sud est complètement couvert de glaciers (fig. 13). A quelle profondeur convient-il de



Massif du Schreckhorn.
Glacier supérieur de Grindelwald.

Massif du Fiescherhorn.

MER DE GLACE.

FIG. 7. — FENÊTRE DE LA STATION D'EISMEER. UNE PARTIE DU PANORAMA DES ALPES BERNOISES ORIENTALES.

construire le tunnel pour le maintenir dans le roc ? Au début des travaux, on projetait d'exécuter des sondages dans le glacier de la Jungfrau pour déterminer son épaisseur. Ils n'ont pas été faits jusqu'ici. Le comité technique du chemin de fer se propose même de s'en passer. L'épaisseur du glacier sera déterminée le long de l'arête nord du col, à peu près verticalement au-dessus du souterrain. On descendra les observateurs le long de cette paroi jusque sur le roc. D'après les évaluations déjà faites par M. Golliez, l'épaisseur de la glace au col serait de 75 à 100 mètres. Le tunnel étant beaucoup plus bas, il se maintiendra sûrement dans le roc.

Aucune difficulté ne se présente au sommet même de la Jungfrau. Le roc affleurant s'y montre à 8 mètres plus bas que le sommet proprement dit, et à 50 mètres environ en arrière. Il ne faut toutefois se faire aucune illusion sur les promenades que le touriste pourrait faire sur le sommet : il est vertigineux. C'est une lame de roc et de neige à paroi verticale au nord, à pente effroyablement raide au sud. L'ascenseur vertical, qui débouchera dans les rochers, se terminera en tourelle avec plateforme de laquelle le touriste pourra jouir, en toute sécurité, de l'incomparable spectacle du sommet de la Jungfrau.

4. TRAVAUX DE TRIANGULATION EXÉCUTÉS POUR LE TRACÉ DE L'AXE DU TUNNEL

Deux méthodes distinctes ont été appliquées pour déterminer la direction du percement : les procédés ordinaires de la topographie et la métrophotographie ou la photogrammétrie des Allemands. L'une et l'autre de ces méthodes exigeaient que la région traversée par le souterrain fût d'abord couverte d'un réseau de triangles, s'appuyant sur les principaux sommets voisins. On y a joint six signaux sur le flanc nord-est de la petite

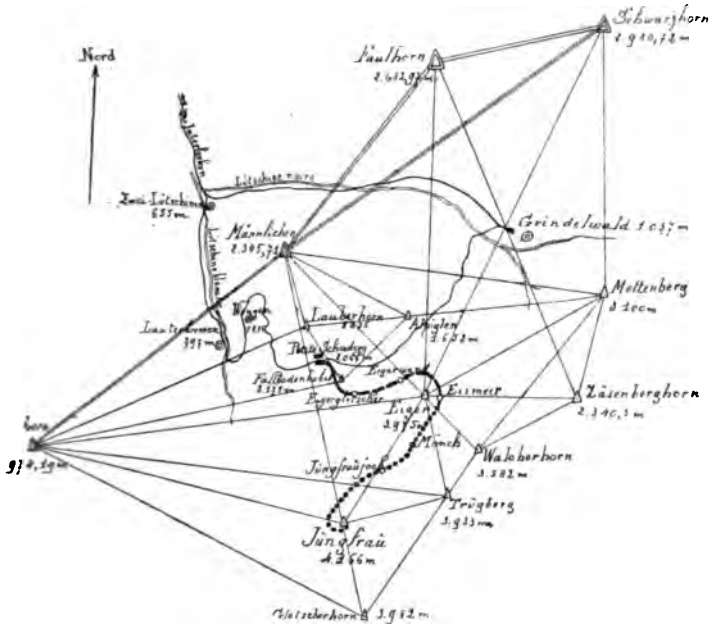
Scheidegg, et une série d'autres signaux, disposés sur la paroi de l'Eiger et du Mönch longée par le chemin de fer, aux endroits prévus pour les stations et en quelques points intermédiaires correspondant aux galeries latérales d'évacuation des déblais.

C'est M. le professeur C. Koppe, chargé jadis des travaux de triangulation au tunnel du Saint-Gothard, qui a inauguré le travail en y employant la métrophotographie. Après avoir établi un canevas, en y comprenant les signaux correspondant à la station voisine de l'orifice du tunnel (1), il a calculé toute cette partie du réseau après l'avoir rattachée à une petite base de $172^{m},81$, mesurée sur le plateau de la gare de la petite Scheidegg. Le système de coordonnées rectangulaires qu'il avait adopté avait la base pour axe des x, et pour axe des y une perpendiculaire à cette base, le plan fondamental étant le plan horizontal passant par le plateau de la petite Scheidegg. Après une saison passée sur le terrain, M. C. Koppe dut renoncer à poursuivre son travail, sa santé ne lui permettant pas d'affronter les excursions dans la haute montagne. Le travail fut alors confié à M. l'ingénieur F. Gianella. Dans le but d'éviter les erreurs qui se sont produites lors du percement du Saint-Gothard, par suite de l'altitude trop élevée de la base, mesurée dans la plaine resserrée d'Andermatt, M. F. Gianella rattacha le réseau de M. C. Koppe à la triangulation fédérale suisse et, notamment, aux signaux du second ordre des environs, le Schilthorn (2974 mètres), le Männlichen (2345 mètres), le Faulhorn (2684 mètres) et le Schwarzhorn (2930 mètres) (fig. 14). En outre, il réduisit au niveau de la mer la triangulation de M. C. Koppe, projetée, nous l'avons dit, sur l'horizon du plateau de la petite Scheidegg, afin de pouvoir adopter

(1) *Die photogrammetrischen Studien und deren Verwertung bei den Vorarbeiten für eine Jungfraubahn*, von Dr C. Koppe. SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG, Bd. XXVII, nos 23, 24 et 25. — *Photogrammetrische Arbeiten für die Jungfraubahn*, von Dr C. Koppe. IBID., Bd. XXVIII, nos 11 et 12.

les coordonnées fédérales, dont l'axe des x est dans le plan méridien et l'axe des y dans le plan d'un petit cercle terrestre.

Un signal placé au sommet de l'Eiger (3975 mètres),



Échelle : $\frac{1}{250\,000}$

Fig. 14. — Carte de la triangulation exécutée pour le tunnel de la Jungfrau.

Légende: ———— Section du chemin de fer à ciel ouvert.
— — — — Section achevée du tunnel.
.... Section du tunnel à construire.
Δ= sommets et triangles du réseau fédéral.
Δ— sommets et triangles pour la triangulation du tunnel.

bien déterminé par rapport aux quatre points fédéraux indiqués précédemment, a permis de relier entre eux et au réseau fédéral du second ordre les deux séries de triangles qui s'étendent sur les flancs nord et sud du massif. Le réseau de la triangulation étant ainsi parfaitement déterminé, on a choisi les orifices et le tracé du tunnel de

façon à ne pas sortir de la montagne, et le calcul a achevé de déterminer la position exacte des stations et des orifices latéraux par rapport au canevas de la triangulation. Enfin, on a fixé sur le terrain, à l'aide de signaux, ces positions des stations et des orifices. La vérification s'est faite aisément à l'aide de nouveaux levés, exécutés sur l'ensemble de tous les anciens sommets et signaux, et sur les treize nouveaux sommets et les signaux déterminés par le calcul. Ce travail de vérification a été exécuté par M. le professeur F. Zwicky.

Les signaux placés au sommet des montagnes sont formés de deux planchettes en croix, fixées sur une perche, solidement bétonnée dans la roche. Sur les parois presque verticales, on a fait usage d'échiquiers à quatre carreaux, blanc et rouge, fixés par un boulon en fer scellé au centre. Comme il convenait de faire à la fois des levés d'azimut et des levés en hauteur, on a employé un théodolite à répétition. Le cercle horizontal mesurait 200 millimètres de diamètre ; il avait quatre verniers qui permettaient d'effectuer les lectures de 5″ en 5″. Le cercle vertical, d'un diamètre de 150 millimètres, portait deux verniers, et les lectures se faisaient de 10″ en 10″. Un personnel d'élite accompagnait le topographe et emportait les provisions nécessaires à un séjour dans la montagne, permettant des observations du lever au coucher du soleil.

L'exactitude des pointés dépend de l'état de l'atmosphère et de la clarté du jour. Par temps ordinaire et température normale, l'erreur sur la mesure d'un angle, après six répétitions, pouvait atteindre ± 5″. En l'absence du vent et par un ciel sans nuages, l'erreur pouvait s'abaisser à ± 2″. Une rigoureuse exactitude dans ces mesures n'a pas ici l'importance capitale qu'elle avait dans l'entreprise du percement du Simplon. Là, le front d'attaque était double : ici il est unique, on n'a donc pas à se préoccuper de la coïncidence des axes dans le souterrain. En outre, le déplacement de quelques mètres d'une station

ou d'un orifice d'évacuation est sans influence sur le résultat du percement. Mais il faut ajouter que le développement des travaux de triangulation n'en a pas moins été l'objet de soins excellents. La preuve en est que pour la section Eigerwand-Eismeer, la déviation de l'axe du tunnel n'atteignit que 1', soit une déviation latérale de $0^m,30$ et une déviation verticale de $0^m,50$.

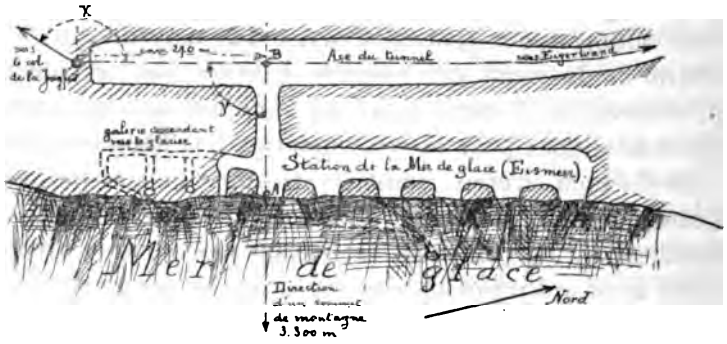
L'observation ayant fourni la valeur des angles du réseau de la triangulation de la Jungfrau, le calcul a permis de déterminer la longueur des côtés de ces triangles et par suite les coordonnées des sommets ; la valeur adoptée pour chacun d'eux, est la moyenne arithmétique de la série des valeurs déduites par le calcul de l'observation directe. Il fallut faire appel aux procédés trigonométriques pour la détermination des hauteurs, car le nivellement n'était point praticable, même jusqu'à Eismeer, dont la différence de niveau relative à la petite Scheidegg est de 1000 mètres. Remarquons que le nivellement avait été jusqu'ici le seul procédé en usage pour la détermination des hauteurs dans les travaux de triangulation des grands tunnels. Le soin apporté aux observations a permis de réduire l'erreur en déviation latérale à $0^m,15$ pour une portée de 10 kilomètres et une dénivellation de 2400 mètres.

Le but principal de ces travaux de triangulation est de fixer, dès l'entrée du tunnel, l'axe qu'il convient de suivre dans le percement. Cet axe était représenté par une ligne tracée sur le sol et qui guidait le mineur au front d'avancement. Tous les mois, on déterminait cet axe avec plus de soin par un calcul d'azimut appuyé sur les sommets environnants du réseau.

Au sein même du tunnel, la direction du front d'attaque était obtenue à l'aide du fil à plomb, et on la contrôlait toutes les deux ou trois semaines à l'aide du théodolite et de jalons pour les sections droites ou courbes. Le niveau ordinaire servait à vérifier la pente du souterrain. Le

travail se poursuivait ainsi jusqu'à ce qu'on eût atteint l'emplacement d'une station ou d'une galerie latérale. Là, on corrigeait la direction, à l'intérieur du tunnel, par un stationnement du nouvel orifice par rapport aux sommets voisins.

Voici, à titre d'exemple, la marche suivie à la station d'Eismeer pour préparer l'avancement. Un point A bien déterminé, situé sur la rampe de la station, a été rattaché au réseau général de la triangulation du chemin de fer (fig. 15). Ce point A a été déterminé, par tâtonnements,



Échelle : $\frac{1}{2\,000}$

Fig. 15. — Plan-terrier de la station d'Eismeer.

de façon à se trouver dans le plan vertical passant par le point B, fixé au plafond et situé sur l'axe actuellement suivi dans le tunnel, et par le sommet d'une montagne déterminée. Ainsi la direction azimutale AB est déterminée par le point A et le sommet de la montagne. Pour connaître la direction dans le tunnel, on rattache la direction AB au réseau triangulé (fig. 14). On connaît donc la position du point extrême de la section, soit Jungfraujoch. Comme la direction a décidé d'établir une section en ligne droite de 270 mètres, suivie d'une courbe de 200 mètres de rayon, il restera à fixer la valeur des angles x et y d'après les conditions du problème.

Les travaux de triangulation qui se rapportent à la

section d'Eismeer à Jungfraujoch, ont été exécutés par M. l'ingénieur J. Hirsbrunner, capitaine d'artillerie à l'armée fédérale.

II

1. INFRASTRUCTURE

Dès que la concession du chemin de fer fut accordée, la commission d'études mit en concours une série de ques-

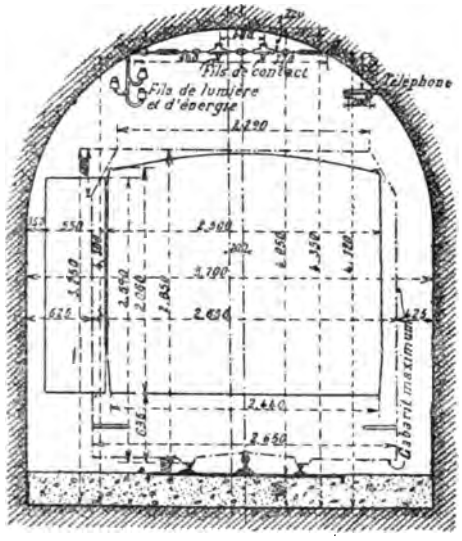


Fig. 16. — Profil transversal du tunnel.

tions se rapportant à la construction et à l'exploitation de la ligne. Un grand nombre d'ingénieurs de tous pays prirent part à ce concours. La commission d'études, après avoir pris connaissance des mémoires et décerné seize prix aux plus méritants, arrêta les détails du projet d'exécution, et les travaux commencèrent quelques mois après l'octroi de la concession par le Conseil fédéral.

La section de la ligne allant de la Petite Scheidegg

à Eigergletscher est à ciel ouvert et ne présente d'autre ouvrage d'art qu'un tunnel de 70 mètres de longueur.

La partie la plus importante de l'entreprise est le grand tunnel de dix kilomètres de longueur. Le profil transversal est rectangulaire dans sa partie inférieure et se termine par une voûte en demi-cercle ; la largeur est de $3^m,7$, la hauteur de $4^m,35$ (fig. 16).

Construction du tunnel et évacuation des déblais. — La méthode employée pour le percement du tunnel a subi des

Fig. 17. — Coupe longitudinale montrant les fronts d'attaque et d'élargissement.

variantes imposées par les conditions de travail. Dans la section Eigergletscher-Rothstock-Eigerwand, la proximité de la paroi de l'Eiger a permis de multiplier les galeries latérales pour l'évacuation des déblais, et l'on a pu mettre simultanément en activité jusque trois chantiers indépendants. L'emploi de la méthode anglaise (1), appliquée au percement du Simplon, était rendue impossible par les dimensions transversales insuffisantes du souterrain.

Au delà de la station d'Eigerwand, la ligne s'écarte de la paroi de la montagne ; la construction des galeries

(1) Voir l'article *Le Tunnel du Simplon*, dans la REVUE DES QUEST. SCIENT., janvier 1905.

d'évacuation y devenait difficile et onéreuse. Il a donc fallu renoncer aux chantiers indépendants, et modifier les procédés de construction. Le profil transversal a été divisé, horizontalement, en deux parties égales. La partie supérieure est affectée à la *galerie d'avancement*, appelée aussi *front d'attaque* ou *galerie de faîte ;* la partie inférieure constitue le *chantier d'élargissement* (fig. 17). Les fronts d'attaque et d'élargissement se suivent à quelques mètres de distance.

Au moment de notre visite, l'enlèvement des déblais de la galerie de faîte était effectué dans des auges portées par deux hommes jusqu'au chantier inférieur. Les déblais provenant des deux chantiers étaient déversés dans un wagon, remorqué par une locomotive électrique jusqu'à la dernière galerie latérale, située au kilom. 4,45 de la ligne. Cette galerie latérale a une pente de 85 °/₀ et une section transversale de 2 mètres sur 3. Le sol y est recouvert de feuilles de tôle pour faciliter le départ des déblais. La dépendance des chantiers et l'enlèvement des déblais, rendu difficile par l'éloignement de la galerie d'évacuation, ralentissent beaucoup l'avancement général des travaux.

Perforation. — Les perforatrices utilisées depuis l'ouverture des chantiers sont de trois systèmes. Les unes fonctionnent par rotation ; elles sortent des ateliers d'Oerlikon. Les autres, du type dit « à percussion », sont mises en mouvement, soit par l'action pulsatoire d'un solénoïde, c'est le système Thomson-Houston, soit par un moteur spécial, c'est le système Siemens et Halske.

L'expérience faite à la Jungfrau a montré que les perforatrices à percussion l'emportent sur les perforatrices à rotation lorsqu'on s'attaque à des roches dures, comme celles du massif qui nous occupe ici (1). On a constaté aussi

(1) La dureté de ces roches répond aux chiffres 5 ou 6 de l'échelle internationale.

que le système Thomson-Houston, tout en simplifiant beaucoup l'appareil, présente le grave inconvénient d'un échauffement excessif du solénoïde au bout de quelques heures de travail, et imposait ici la transformation du courant triphasé en courant continu pulsatoire. Au moment de notre visite, on ne faisait plus usage que de perforatrices Siemens et Halske à percussion et à manivelle.

Le nombre des chocs est de 420 à 450 par minute. Un moteur électrique, placé dans un coffre spécial, communique le mouvement de percussion à la perforatrice par

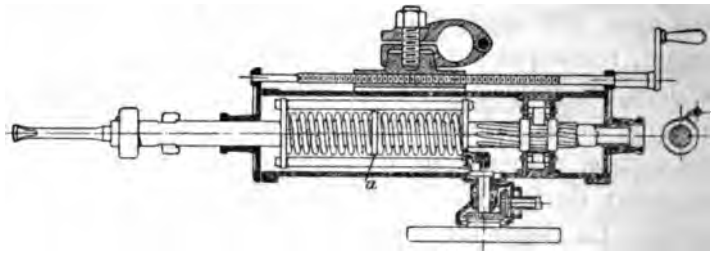


Fig. 18. — Coupe longitudinale de la perforatrice à percussion de Siemens et Halske.

l'intermédiaire d'un arbre flexible, qui agit sur une paire de roues dentées coniques (fig. 18 et pl. VI, fig. 19). Le mouvement de rotation est transformé en mouvement alternatif par une manivelle et une glissière fixée au cadre porte-outil. Le mouvement de percussion entraîne une vis hélicoïdale qui communique au forêt des rotations alternatives qui dégagent les déblais du fond du trou. Un mouvement lent de rotation de l'outil est obtenu par un cliquet engrenant une roue à redents. Enfin, le mouvement d'avancement de la perforatrice tout entière se fait à la main par la manivelle en saillie à l'opposé du forêt. Deux perforatrices montées sur des colonnes verticales travaillent au front d'attaque (fig. 17); elles creusent des trous de mine de $1^m,10$ à $1^m,30$ de profondeur, le diamètre variant de 36 à 50 millimètres. On fait ainsi de 13 à 15 trous

Fig. 19. — Travaux d'excavation exécutés a l'une des fenêtres de la station d'Eismeer.
Perforatrice a percussion de Siemens et Halske et son moteur électrique.

UNIV OF C

au front d'attaque dans l'espace de huit heures. Pendant ce temps, l'avancement est de un mètre environ, soit une excavation de huit mètres cubes. Le chantier d'élargissement est pourvu également de deux perforatrices Siemens et Halske, montées sur colonne horizontale, appuyée aux parois de la galerie.

Les conditions de perforation sont les mêmes qu'au front d'attaque ; mais les trous de mine, au nombre de six seulement, ont ici jusque deux mètres de profondeur ; c'est que la masse à briser par l'explosion est déjà dégagée sur deux de ses faces.

Lorsque la mise en place de ces colonnes de calage est difficile, les perforatrices sont montées sur des trépieds garnis de lourdes masses qui assurent leur stabilité (pl. VI, fig. 19).

Tir des mines. — D'ordinaire, le tir des mines a lieu pendant le renouvellement du poste de travail. L'explosif employé est la dynamite gélatinée que l'on est obligé de dégeler en hiver, la température variant de — 10° à — 20°. Cette opération se pratique progressivement dans des chaudrons à double paroi pourvus d'une circulation d'eau chaude, de vitesse et de température réglées à volonté. La dynamite gélatinée, employée au front d'attaque, est formée presque exclusivement de nitroglycérine ; celle qu'on utilise au chantier d'élargissement en contient 83 %. La charge d'explosif est d'environ 1,5 kilogramme par mètre cube de roche excavée, et on emploie pour le tir la mèche Bickford et les amorces au fulminate de mercure. La longueur de la mèche varie de 1 mètre à $1^{m},50$. Le trou de mine creusé au centre du front d'attaque reçoit une charge double à peu près de celle des autres trous. La mèche qui lui correspond est la plus courte : l'explosion plus prompte qui en est la conséquence facilite le dégagement des autres trous de mine.

Pour ceux-ci, on a adopté une échelle de longueurs des mèches permettant d'espacer le tir de leurs cartouches, en sorte que l'artificier puisse s'assurer, dans une certaine mesure, de l'explosion de toutes les charges. Dès que le tir est achevé, il se rend le premier sur le chantier, muni d'une lampe de sûreté, rappelant la lampe Davy, pour contrôler le tir de chacun des trous de mine.

Ventilation, postes de travail, revêtement, éclairage. — La ventilation est assurée par un ventilateur Sulzer, mis en mouvement par un moteur électrique. Il débite $0^{m^3},750$ d'air par seconde, sous la pression de $0^m,500$ d'eau. Le conduit de la ventilation est formé de tuyaux en tôle de $0^m,253$ de diamètre, reposant sur le sol. Lorsque la distance du front d'attaque à la galerie latérale dépasse 1200 mètres, on recourt à un second ventilateur, surtout après un tir de mines.

Le poste est de huit heures par jour ; et comme le travail se poursuit sans interruption, trois postes se partagent les vingt-quatre heures du jour. Chaque équipe comprend un chef de chantier, un piqueur, un artificier et vingt hommes. Dans ces derniers temps, le nombre total des travailleurs occupés aux travaux du chemin de fer s'élevait à cent trente.

Nous avons dit que la dureté de la roche dispense de protéger le souterrain par un revêtement en maçonnerie. Plus tard, lorsque le tunnel traversera les gneiss, il faudra garnir les parois et le plafond de pieds droits et d'une voûte maçonnée.

L'éclairage est réalisé de façon très pratique, à l'aide d'une latte terminée par deux conducteurs portant cinq lampes à incandescence en série. Pour éclairer un point quelconque du tunnel, il suffit de suspendre la latte aux deux conducteurs aériens du courant secondaire.

2. SUPERSTRUCTURE (1)

La force motrice nécessaire à la construction du tunnel et à l'exploitation du chemin de fer, est fournie par l'eau sous pression, dérivée de la Lütschine blanche à Lauterbrunnen et de la Lütschine noire à Burglauenen. A Lauterbrunnen, une conduite de 1315 mètres, débitant 6 mètres cubes à la seconde, fournit 2130 chevaux ; à Burglauenen, une conduite de même débit rendrait disponible une force motrice de près de 9000 chevaux. Pour le moment, l'usine de Lauterbrunnen seule est en activité ; la puissance qu'elle fournit suffit amplement aux besoins de tous les services. La force hydraulique, dans une station motrice, dépend essentiellement du débit de la conduite sous pression et, par suite, du débit du cours d'eau. Mais dans cette région de neiges perpétuelles, il se présente une circonstance particulièrement favorable à l'exploitation du chemin de fer par la houille blanche. C'est pendant l'été que le mouvement des voyageurs atteint son maximum. Or les deux Lütschinen sont alimentées en majeure partie par la fonte des neiges étalées sur les parties élevées de leur bassin hydrographique, et c'est en été que cette fusion est naturellement le plus abondante. Ainsi, la puissance hydraulique varie en même temps et dans le même sens que les nécessités de l'exploitation du chemin de fer.

Station hydro-électrique de Lauterbrunnen. — La prise d'eau de l'usine hydraulique de Lauterbrunnen est située en amont et près du pont du chemin de fer de la

(1) Pour cette partie de notre travail, nous avons consulté, notamment : DIE ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE ; *Die Jungfraubahn und der Bau ihres Tunnels*, von Paul Möller. BERLIN, 1904 ; et LE GÉNIE CIVIL, *Le Chemin de fer de la Jungfrau et ses nouvelles locomotives électriques*, par Siedler. Paris, 1904.

Wengernalp ; elle comprend un barrage pour la dérivation des eaux et un bassin de décantation. Un double grillage, composé de barres, distantes respectivement de 100 et de 20 millimètres, retient les objets flottants emportés par les eaux, avant leur entrée dans le bassin de décantation.

L'eau pénètre ensuite dans une conduite métallique d'amenée de $1^m,80$ de diamètre intérieur, suivie d'une autre, sous pression, de même diamètre. La conduite d'amenée a 690 mètres de longueur ; elle est faite en tôle rivée de 5 millimètres d'épaisseur et court sur la rive gauche de la Lütschine blanche. Elle est incomplètement remplie pendant l'été et reçoit alors une certaine pression.

A l'intersection de la conduite d'amenée et de la conduite sous pression, se trouve une sorte de cheminée en fer, qui a un double but : elle joue le rôle de vase d'expansion, et prévient la production des coups de bélier dans la conduite d'amenée, quand celle-ci reçoit une certaine pression ; elle permet aussi le nettoyage facile d'un barrage placé à sa base, dans la conduite même, et destiné à retenir les matières qui auraient franchi les grillages et échappé à la décantation.

La conduite sous pression a 625 mètres de longueur ; elle est formée de tronçons en tôle de 7 millimètres à la base et de 6 millimètres à la partie supérieure. A une distance de 100 mètres environ du bâtiment des turbines, la conduite sous pression franchit la Lütschine sur un pont métallique formé de deux poutres paraboliques.

La différence de niveau entre la prise d'eau et la station hydraulique est de $40^m,80$. La perte de charge dans la conduite métallique peut être évaluée à $5^m,30$ pour un débit de 6 mètres cubes par seconde : la hauteur de chute utile est donc de $35^m,50$.

L'usine hydraulique de Lauterbrunnen (pl. VII, fig. 20) est un bâtiment en briques, d'un développement de 30 mètres

FIG. 20. — STATION HYDROÉLECTRIQUE DE LAUTERBRUNNEN.

FIG. 21. — SALLE DES MACHINES DE LA STATION HYDROÉLECTRIQUE DE LAUTERBRUNNEN.

le long du cours d'eau, de 18 mètres de largeur et de 12 mètres de hauteur. Outre la salle des machines, elle contient le logement du chef électricien et un atelier de réparation. Cette usine est reliée par téléphone aux différentes stations du chemin de fer.

La salle des machines (pl. VII, fig. 21) contient six unités hydro-électriques ; dans une annexe est installé un moteur à gaz pauvre, actionnant par courroie, aux moments des basses eaux, un des générateurs triphasés. Un pont roulant, de 7,5 tonnes et de $12^{m},35$ de portée, chemine le long de la salle des machines.

Les six unités hydro-électriques peuvent être réunies en trois groupes formés chacun de deux turbines ; celles-ci sont toutes à axe horizontal.

Le premier groupe comprend deux turbines jumelles, système Girard, de 500 chevaux chacune ; elles sont calculées pour effectuer 380 tours à la minute, sous une hauteur de chute utile de 35 mètres et un débit de 1430 litres par seconde ; elles sont munies de volants et de régulateurs mécaniques de précision. Ces turbines sont à injection totale. Les aubes mobiles ont un diamètre moyen de 610 millimètres. L'eau est amenée aux roues directrices par une bâche en fonte située au centre de la double turbine.

Le second groupe est formé de deux turbines excitatrices, développant une puissance de 25 chevaux chacune, sous une hauteur de chute utile de 35 mètres et un débit de 71 litres à la seconde ; leur vitesse est de 700 tours à la minute. Des régulateurs hydrauliques assurent la régularité de la marche. Les turbines de ces deux groupes ont été fournies par la société J. J. Rieter et Cie, de Winterthur ; celles du dernier groupe sortent des ateliers de la société Escher, Wyss et Cie, de Zürich.

Ce troisième groupe comprend deux turbines Francis à réaction (fig. 22 et 23), d'une puissance de 800 chevaux. Voici leurs caractéristiques : sous une chute effective de

$32^{m},50$, et un débit de 2460 litres par seconde, leur vitesse de rotation est de 380 tours par minute. Elles sont munies de palettes d'admission mobiles sous l'action d'un servo-moteur, et d'un dispositif spécial qui a pour but d'amortir la force vive de l'eau dans le cas d'une brusque obturation de la conduite. Ce dispositif est

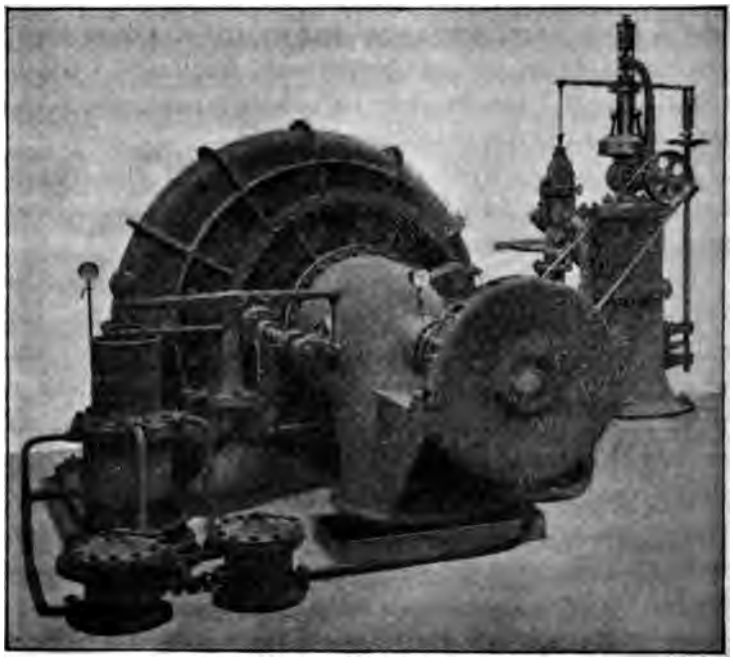


Fig. 22. — Vue d'une turbine Francis de 800 chevaux.

placé en amont de chaque turbine, et se compose d'une bascule fermant une ouverture cylindrique. Une obturation brusque de la conduite vient-elle à se produire, la bascule tourne sur son axe et laisse échapper une certaine quantité d'eau. Les turbines du premier et du troisième groupe sont réunies aux obturateurs par des manchons d'accouplement, formés de deux disques réunis par une série de courroies sans fin en caoutchouc. De faibles

différences dans le centrage des arbres sont ainsi sans inconvénient sur la transmission du mouvement. En outre, cette série de courroies isolantes supprime toute communication électrique entre la turbine et le générateur, en sorte que l'on peut isoler parfaitement celui-ci de la terre.

Des quatre alternateurs accouplés aux grandes turbines, trois sortent des ateliers Oerlikon, le quatrième,

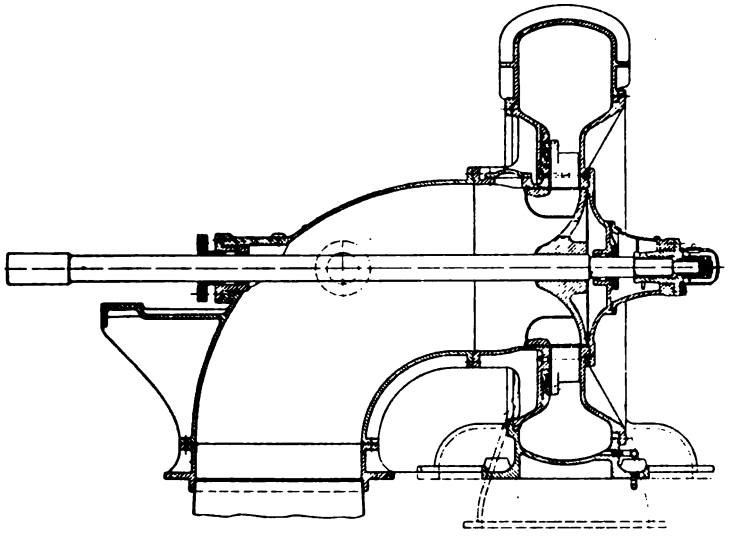


Fig. 23. — Coupe d'une turbine Francis de 800 chevaux.

d'une puissance de 800 chevaux, a été construit par la société Brown, Boveri et Cie de Baden (Suisse).

Ces alternateurs fournissent du courant triphasé sous la tension de 7000 volts et une fréquence de 38 périodes par seconde. Deux dynamos à courant continu, accouplées aux petites turbines, servent d'excitateurs et fournissent le courant sous la tension de 65 volts et une intensité de 250 ampères.

Les alternateurs de 500 chevaux alimentent uniquement le transport de force ; ceux de 800 chevaux concourent simultanément au transport de force et à l'éclairage de la

commune de Lauterbrunnen. Pour ce dernier service, des transformateurs abaissent la tension du courant à 120 volts.

Aux époques des basses eaux, notamment au mois de janvier de chaque année, le débit de la Lütschine ne suffit pas aux divers services de la construction du chemin de fer; on a donc dû installer une réserve, composée d'un générateur à gaz pauvre et d'un moteur à deux cylindres de 125 chevaux.

Transport de force, transformateurs, distribution du courant électrique. — A l'air libre, le transport de force, à haute tension, se fait par trois fils de cuivre de 7,5 millimètres de diamètre, supportés par des poteaux distants de 30 mètres. Dans le tunnel, sur un premier parcours de près de 2 kilomètres, le transport de force est réalisé par des fils de même dimension, logés dans une excavation latérale pratiquée à une certaine hauteur. Plus loin on a recours à un câble unique de 70 millimètres carrés de section, suspendu à des crochets en fer solidement fixés dans la voûte du tunnel. A proximité de chaque station, on a installé un ou deux transformateurs, de 200 kilowatts chacun, qui abaissent le courant à 200 volts. Aux stations de la petite Scheidegg et d'Eigergletscher, les transformateurs sont installés dans des caveaux souterrains. Dans les stations en tunnel, ils sont logés dans des excavations pratiquées dans le rocher. Enfin, de petits transformateurs de 30 kilowatts desservent certains services spéciaux d'éclairage et de chauffage.

Le transport de force à haute tension est muni de parafoudres de Siemens et Halske ; la conduite à basse tension est protégée par des paratonnerres à pointe.

Le réseau de distribution du courant est formé de deux fils de cuivre de 9 millimètres de diamètre, placés à la distance de 400 millimètres et retenus à une distance de $3^{m},700$ au-dessus des rails par des fils d'acier de 6 millimètres, fixés eux-mêmes à des poteaux ou aux

parois du souterrain. Les deux fils conducteurs sont soigneusement isolés de la terre. Le troisième conducteur du courant triphasé secondaire est formé par les rails de la voie, réunis entre eux par des lames de cuivre qui assurent leur continuité électrique.

La voie (fig. 24). — L'écartement des rails mesure 1 mètre. La voie elle-même est constituée de traverses

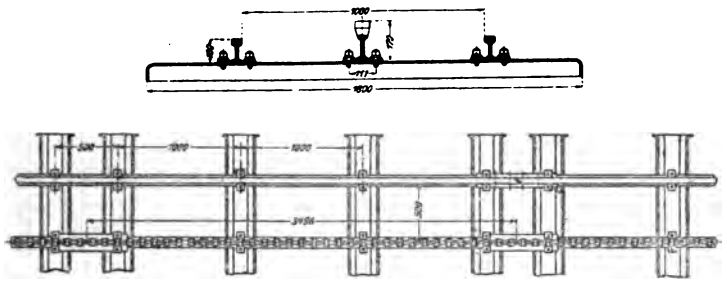
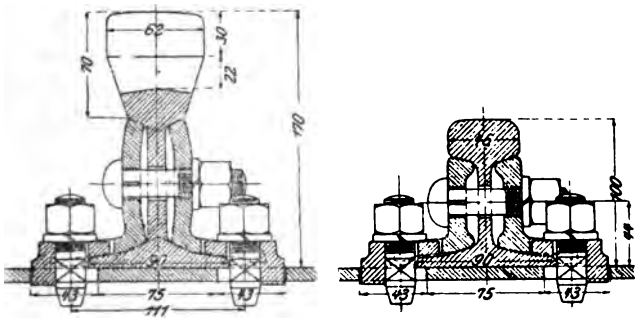


Fig. 24. — Plan et coupe transversale de la voie.

en fonte distantes de 1 mètre, à l'exception du joint, où la distance des traverses n'est que de $0^m,500$. Les rails ont 100 millimètres de hauteur et 90 millimètres



Rail à crémaillère. Rail ordinaire.

Fig. 25. — Coupe transversale montrant le mode d'attache des rails.

de largeur au patin. La crémaillère, du système E. Strub, est placée entre les rails et fixée sur les traverses de la même manière que les rails (fig. 25). La crémaillère Strub

présente l'avantage de se remplacer aisément et de se prêter à l'application des freins à engrenage. On a adopté la forme des dents en biseau qui provoque l'expulsion des corps étrangers lors de l'engrènement du pignon. Afin d'éviter les chocs au passage des véhicules sur les joints des rails, ceux-ci sont terminés par une surface, inclinée de 45° sur leur axe ; les joints de la crémaillère sont normaux.

L'écartement des rails est portée à $1^m,002$ dans les courbes de 200 mètres de rayon, admises comme minimum dans le tunnel, et à $1^m,004$ dans celles de 100 mètres de rayon, tolérées seulement dans les parties

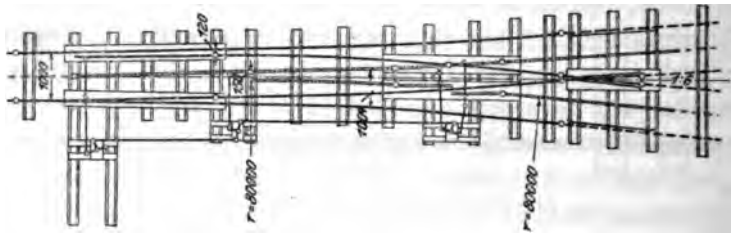


Fig. 26. — Plan de croisement de la voie à crémaillère.

à ciel ouvert. Les courbes employées dans le raccordement des aiguilles ont 80 mètres de rayon. Comme les dents de la crémaillère dépassent le bourrelet du rail, il a fallu imaginer un dispositif spécial (fig. 26) permettant le croisement des rails et de la crémaillère ; un système de tringles réalise les combinaisons cinématiques nécessaires à la solution du problème.

Matériel roulant. — Les locomotives sont au nombre de six. L'équipement électrique des locomotives portant les numéros 1, 2 et 6 a été fourni par la société Brown, Boveri et Cie ; celui des numéros 3, 4 et 5 sort des ateliers d'Oerlikon. Le numéro des locomotives indique l'ordre de leur construction. La fabrique suisse de locomotives de Winterthur a été chargée de la partie mécanique de toutes ces locomotives ; chacune d'elles est mise en mouvement

par deux moteurs de 120 chevaux, tournant à la vitesse de 750 tours par minute. Les engrenages de réduction ne permettent pas de dépasser la vitesse de 8 à 9 kilomètres à l'heure.

Ce qui différencie surtout ces locomotives, c'est le mode adopté pour produire le freinage électrique. En tout ceci, le chemin de fer de la Jungfrau a apporté son tribut d'expériences à cette intéressante question d'électro-technique.

La grosse difficulté à vaincre provient de la perturbation produite dans les génératrices de l'usine hydro-électrique lors de la descente des locomotives. Sur un chemin de fer à voie unique, en effet, il est à peu près impossible d'équilibrer le poids mort du train, en maintenant constamment le même nombre de trains en mouvement à la montée et à la descente.

D'ailleurs, dans une question de ce genre on a soin de faire l'hypothèse la plus défavorable ; elle consiste ici dans l'application du freinage électrique au nombre maximum de locomotives en service.

Dans les locomotives numéros 1 et 2, on adopta la solution la plus simple. A la descente, les moteurs fonctionnent comme génératrices et envoient leur courant dans la ligne. Pour régulariser le courant on a eu recours à des résistances liquides et métalliques installées à l'usine hydro-électrique. Mais on se heurte au grave inconvénient de faire dépendre de l'usine elle-même le réglage du courant, alors que celui-ci varie avec l'allure du train descendant. Il arrivait ainsi que le train, par suite d'un défaut de surveillance, déchargeait complètement l'usine.

Dans le but d'éviter cet inconvénient, la locomotive numéro 3 a été pourvue d'un commutateur qui supprime la résistance de démarrage et de réglage de la partie tournante des moteurs pour la brancher sur la ligne en parallèle avec l'enroulement fixe des moteurs. Ce dispositif faisait dépendre la vitesse du train de celle des génératrices de l'usine.

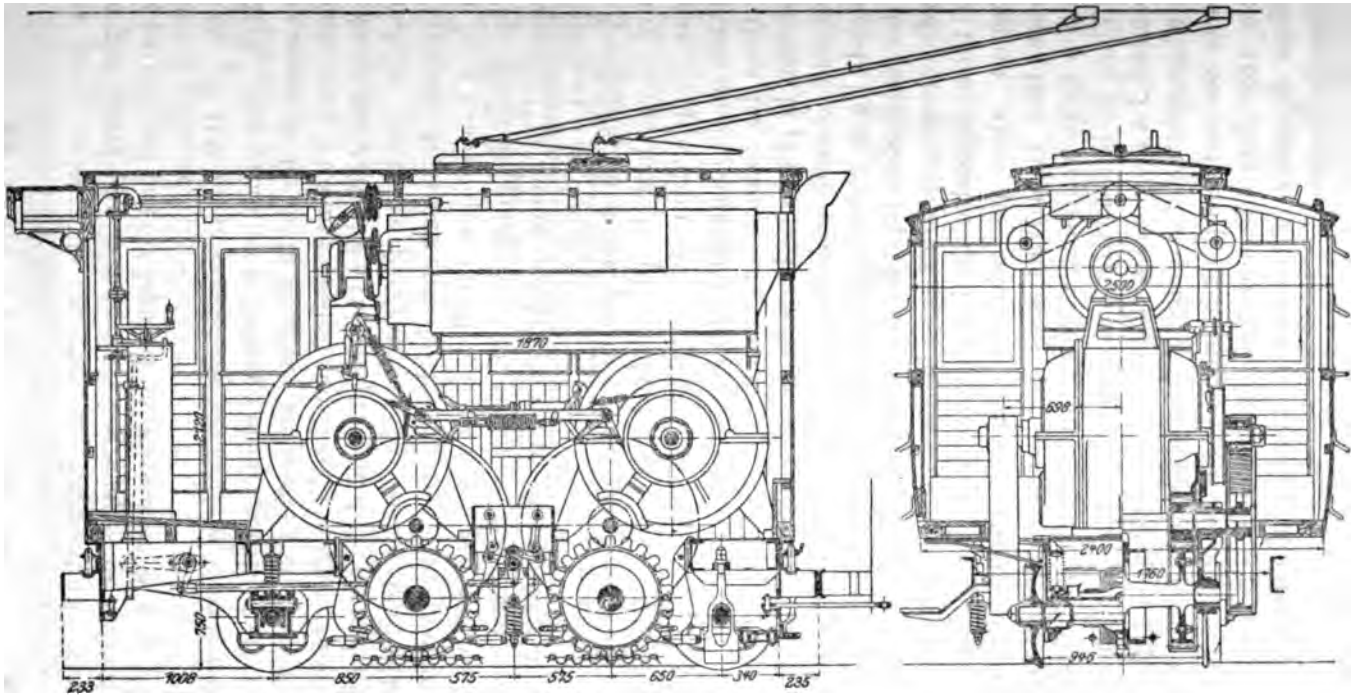


Fig. 29 et 30. — Coupe longitudinale et transversale de la locomotive n° 6.

Afin de rendre les trains, à la descente, complètement indépendants de l'usine génératrice, la direction technique a fait construire les autres locomotives de telle manière que toute l'énergie développée par le poids du train descendant soit absorbée par la locomotive elle-même. Dans ces conditions, si une avarie grave se produisait en cours de route, les trains pourraient toujours redescendre à la station inférieure. Dans les locomotives numéros 4 et 5, les moteurs travaillent encore à la descente comme générateurs, mais leurs enroulements primaires ne sont plus traversés par le courant triphasé du réseau ; ils le sont par un courant continu fourni par une petite dynamo excitatrice, calée sur l'extrémité de l'arbre de l'un des moteurs. A la descente, la locomotive est entraînée par le poids du train. Le wattman interrompt la communication entre la ligne secondaire et les moteurs ; les stators de ces derniers, au lieu d'être parcourus par le courant de la ligne, sont traversés par le courant continu de l'excitatrice ; celui-ci produit dans les rotors des courants induits, dont la tension dépend de la vitesse du moteur et de l'intensité de l'excitation. On fait varier cette intensité à l'aide d'un régulateur inséré dans les inducteurs de l'excitatrice, ce qui permet de régler à volonté la tension des courants induits qui sont absorbés dans la résistance ; on a soin de ventiler celle-ci énergiquement. Ce freinage électrique permet de faire varier la vitesse de marche d'une manière absolument indépendante de l'usine hydro-électrique et sans intervention de freins mécaniques.

La locomotive numéro 4 est mise en mouvement par deux moteurs triphasés à six pôles (pl. VIII, fig. 27 et 28). Chacun d'eux pèse 2 tonnes et développe, sous une tension de 500 volts, à 750 tours à la minute et 38 périodes par seconde, une puissance de 150 chevaux. La dynamo excitatrice fournit du courant de 150 ampères sous 25 volts à la vitesse de 700 tours, et pèse 300 kilogrammes.

La locomotive numéro 6 est munie de moteurs fonctionnant à la descente comme dynamos en série à courant continu (fig. 29 à 32). La vitesse peut être réduite à 400 mètres à l'heure, grâce à un dispositif spécial de connexion. Les constructeurs ont dû tenir compte, dans l'étude de

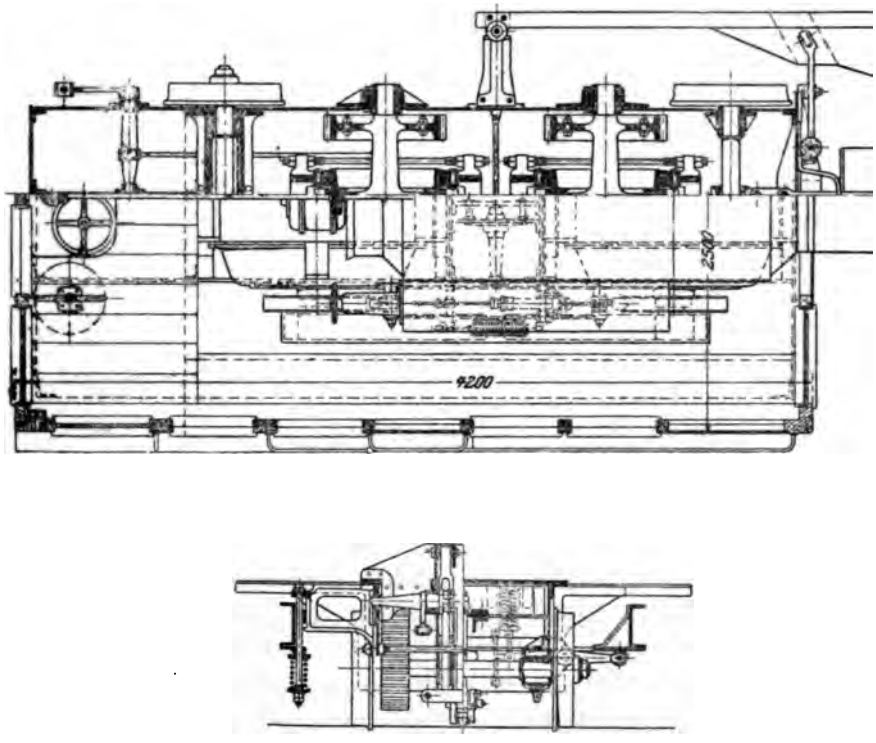


Fig. 31 et 32. — Plan et coupe de la locomotive n° 6.

cette locomotive, de cette condition qu'avant de servir au service des voyageurs, elle devait transporter les déblais provenant des travaux. Comme ces déblais cheminent toujours en descendant, un freinage électrique très soigné était ici de grande importance. Cette machine est pourvue en outre d'une série d'appareils de sûreté,

Fig. 27. — Vue de la locomotive électrique n° 4.

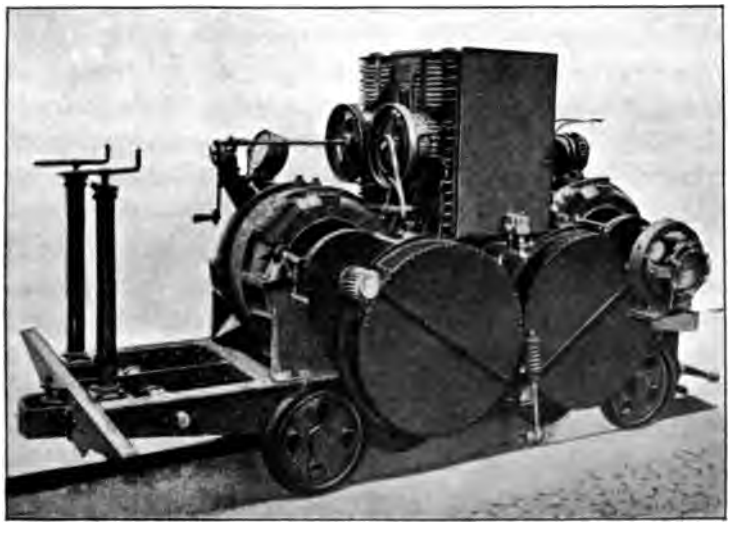


Fig. 28. — Vue du bâti et des moteurs de la locomotive n° 4.

afin de parer à un bon nombre de distractions ou de négligences de la part du wattman.

La disposition des appareils a été l'objet de soins particuliers. La conduite de la locomotive a été rendue très simple, en plaçant la commande des résistances de démarrage et de freinage dans un même *controller*.

Les voitures à voyageurs destinées à être accouplées directement avec la locomotive sont du type anglais : elles comprennent 40 places et pèsent 4,3 tonnes. Les voitures remorquées sont du même type ; elles ne sont pas pourvues de bras d'accouplement et ne pèsent que 3,9 tonnes.

Installation des stations. — A la petite Scheidegg, l'installation de la station comporte une gare et une remise destinée à l'exploitation. Les bâtiments érigés pour la construction du tunnel, sont établis à l'orifice du souterrain près de la station d'Eigergletscher. On y trouve un petit atelier pour les réparations mécaniques, une forge, un atelier de charpentier, les logements des employés et des ouvriers, des magasins d'habillement, de provisions et de matériaux de construction (fig. 33).

Toutes les dispositions sont prises pour ravitailler, l'hiver, le personnel pour plusieurs mois, en prévision de communications impossibles avec les habitants de la vallée. Le charbon n'est employé que pour la cuisine, le four de boulangerie et la forge. C'est au courant électrique que l'on demande la chaleur nécessaire au chauffage des locaux, au dégel de la dynamite et à la fusion de la neige destinée à pourvoir d'eau les installations.

Les stations de Rothstock, d'Eigerwand et d'Eismeer sont établies en souterrain. Cette dernière station est pourvue d'un bureau de poste, le plus élevé de la Suisse et, vraisemblablement, du monde entier.

Nous avons dit, au début de ce travail, que l'entreprise avait construit à Eismeer une galerie descendante donnant aux voyageurs un accès facile vers la mer de glace. Cette

galerie, d'une longueur de 120 mètres, a une pente de 30 p. c., elle rachète donc une différence de niveau de 40 mètres ; elle est creusée dans la paroi sud de l'Eiger, en suivant successivement deux directions opposées. Le long de cette galerie, on a pratiqué, tous les dix mètres, des galeries transversales, horizontales, sortes de fenêtres s'ouvrant dans la paroi de la montagne. Pendant la construction, ces fenêtres ont servi à l'évacuation des déblais ;

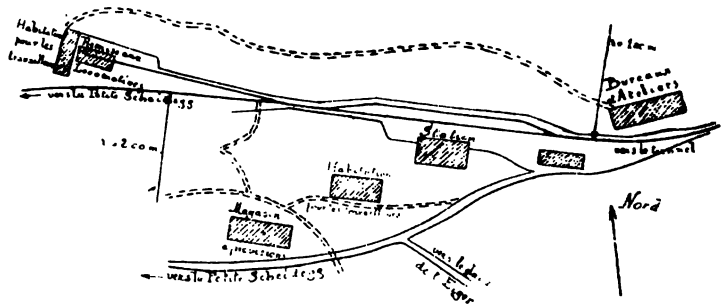


Fig. 33. — Plan-terrier des installations à Eigergletscher.

dans la suite, elles serviront d'observatoires aux touristes et dépendront de l'hôtel d'Eismeer.

Résultats financiers de l'entreprise. — Le tableau suivant résume les prévisions de M. Guyer-Zeller, le fondateur de l'entreprise, relatives au mouvement des voyageurs et aux recettes du nouveau chemin de fer :

Station	d'Eigergletscher	20 000	billets aller et retour à		3 fr.
»	d'Eigerwand	2 500	»	»	8 »
»	d'Eismeer	2 000	»	»	14 »
»	Mönchjoch	4 000	»	»	22 »
»	Jungfraujoch	5 000	»	»	27 »
»	Jungfrau	10 000	»	»	33 »

Au total, 43 500 billets aller et retour avec une recette de 671 000 francs. A cela devaient s'ajouter la vente de la force motrice disponible et les loyers des restaurants, ressources considérables, qui s'augmenteraient encore de

l'exploitation des 9000 chevaux hydrauliques de Burglauenen, concédés à l'entreprise.

Or, en 1899, le chemin de fer a été ouvert à l'exploitation jusqu'à Eigergletscher : 22 931 voyageurs en ont fait usage au cours de cette année. Quatre ans plus tard, en 1903, lorsque le tunnel eut atteint Eigerwand, on compta 29 013 voyageurs. Enfin, depuis l'inauguration, en 1905, de la station d'Eismeer, 36 583 touristes s'y sont rendus. Les prévisions de M. Guyer-Zeller sont donc dépassées, et on peut considérer le chemin de fer de la Jungfrau comme une entreprise d'avenir.

Ce sera surtout une merveille de ce siècle de l'électricité, où concourent tous les progrès de la technique moderne et où s'affirme la puissance du génie et de la volonté de l'homme, disposant en maître des énergies de la nature, pour triompher des obstacles qu'elle-même oppose à ses projets.

G. DE FOOZ.

L'HAECKÉLIANISME

ET

LES IDÉES DU PÈRE WASMANN

SUR L'ÉVOLUTION

On n'a peut-être pas oublié les polémiques assez aigres soulevées, ces dernières années, dans les milieux scientifiques allemands, par les ouvrages du Dr Albert Fleischmann (1).

La critique radicale, à laquelle le professeur de zoologie d'Erlangen soumettait l'ensemble des doctrines transformistes, excita dans le camp des évolutionnistes de très vives protestations. On alla jusqu'à soutenir, qu'en écrivant de pareils livres, Fleischmann s'était mis lui-même au ban du monde savant, la théorie de l'évolution n'étant plus une pure hypothèse, mais l'expression de faits acquis et scientifiquement démontrés. C'était beaucoup dire, et il aurait fallu sans doute, pour être dans le vrai, se faire, de part et d'autre, quelques concessions.

Le moins piquant dans cette controverse ne fut pas assurément de voir intervenir en faveur du transformisme, pour le défendre discrètement, à la fois, contre les attaques

(1) *Die Descendenztheorie.* Gemeinverständliche Vorlesungen über den Auf- und Niedergang einer naturwissenschaftlichen Hypothese, gehalten vor Studierenden aller Fakultäten, von Dr Albert Fleischmann. Leipzig, Georgi, 1901. — *Die Darwinsche Theorie.* Leipzig, Thieme, 1903.

exagérées de Fleischmann et contre le zèle intempestif d'adeptes trop fervents, un savant catholique bien connu des zoologistes, le Père Erich Wasmann, S. J.

Déjà en 1901, il publiait dans le BIOLOGISCHES CENTRALBLATT un article sous ce titre : *Y a-t-il de fait des espèces qui se trouvent encore aujourd'hui en pleine période d'évolution* (1) ? A la question ainsi posée, le savant myrmécologue répondait affirmativement. Il faisait d'ailleurs d'expresses réserves sur le bien fondé d'une trop large généralisation de la théorie évolutionniste.

Cette restriction prudente n'empêcha pas certains journalistes de s'emparer du fait et d'en grossir à plaisir les conséquences. Un jésuite transformiste ! Mais c'était la théologie traditionnelle qui se mettait enfin en marche vers la lumière : elle cherchait à traiter avec le darwinisme !

Il était urgent de préciser pour le grand public les positions prises dans les mémoires techniques. C'est ce que fit le P. Wasmann dans une série d'articles, publiés d'abord dans les STIMMEN AUS MARIA-LAACH (1901-1903), puis réunis en un volume en 1904 (2).

Ce livre, il fallait s'y attendre, a été très différemment apprécié. Quelques-uns l'ont trouvé trop hardi et inopportun. D'autres, plus nombreux, ont pensé que le P. Wasmann n'avait pas été assez loin. Il fallait aller jusqu'au bout des principes posés et englober l'homme dans la série de l'évolution organique. On devine de quel côté venaient ces dernières critiques. Nulle part elles n'ont été exprimées d'une façon plus acerbe que dans trois conférences tapageuses, données à Berlin, les 14, 16 et 19 avril 1905, par Ernest Haeckel lui-même. Le célèbre auteur des *Welt-*

(1) *Gibt es tatsächlich Arten, die heute noch in der Stammesentwicklung begriffen sind ?* Mit allgemeinen Bemerkungen über die Entwicklung der Myrmekophilie und Termitophilie und über das Wesen der Symphilie (BIOL. CENTRALBLATT, XXI, n° 22, 23).

(2) *Die moderne Biologie und die Entwicklungstheorie.* Herder, 1904.

räthsel était résolu, nous dit-il, à ne plus prendre la parole dans des réunions populaires, mais la vue du danger que fait courir à la science allemande « l'évolutionnisme ecclésiastique » du P. Wasmann l'a décidé à rentrer en scène.

Voici dans quels termes il parle du célèbre jésuite (1) :

« Le plus grand triomphe qu'ait encore remporté notre théorie transformiste, c'est bien qu'au début du xxe siècle, sa plus redoutable ennemie, l'Église, se soit adaptée à elle, et ait essayé de mettre d'accord la foi et l'évolutionnisme.

» Plusieurs tentatives timides avaient été faites dans ce sens, dans les dix dernières années, par un certain nombre de théologiens et de philosophes d'esprit indépendant, mais sans grand succès. Le mérite d'avoir réalisé cet essai hardi revient à un jésuite, le P. Erich Wasmann de Luxembourg... »

Haeckel reconnaît la valeur scientifique de l'entomologiste à qui nous devons de si pénétrantes études sur les fourmis et sur leurs hôtes. Mais, c'est précisément cette science qui rend redoutable l'écrivain jésuite ! On va croire, comme le dit Francé dans le FREIES WORT (2), qu'il « existe une science jésuitique, dont les résultats peuvent être pris au sérieux ». Or, « cet étonnant livre de Wasmann, dit Haeckel (p. 32), est un chef-d'œuvre de sophistique et de dissimulation jésuitique... Le neuvième chapitre pourrait, avec un petit nombre de modifications, figurer avec honneur dans un ouvrage de Darwin, de Weismann, ou de tout autre partisan du transformisme. Le chapitre suivant est en contradiction criante avec le précédent. Wasmann y présente l'application de la théorie

(1) *Der Kampf um den Entwickelungs-Gedanken*. Drei Vorträge gehalten am 14. 16. und 19., April 1905 im Saale der Sing-Akademie zu Berlin, von Ernst Haeckel, Professor an der Universität Jena (Sechstes bis zehntes Tausend). Berlin, Reimer 1905, p. 31.

(2) N° 22, 1904.

transformiste à l'homme d'une manière parfaitement absurde : le lecteur se demande si Wasmann croit vraiment à cet ensemble d'idées ridicules, ou s'il a eu seulement pour but de brouiller les concepts de ceux qui le liront et de leur rendre ainsi plus acceptable la foi religieuse la plus plate (1) ».

Escherich fait au P. Wasmann le même reproche. « Si vraiment, dit-il, la théorie de la descendance ne peut se réconcilier avec les dogmes de l'Église que de la manière proposée, on peut dire que Wasmann a donné la preuve rigoureuse de l'impossibilité de cet accord, car ce qu'il propose comme théorie de la descendance est un être mutilé au point d'en être méconnaissable, et qui n'est évidemment pas viable (2). »

Pourtant, au début de sa seconde conférence, Haeckel, semblant revenir sur le jugement si sévère porté dans la première, laisse entrevoir comme possible une conversion complète du P. Wasmann au monisme.

« Il faut, dit-il, attendre avec impatience la suite de la marche de ses idées ; si la fidélité à ses convictions et son courage moral sont assez forts, il tirera les conclusions qui découlent de sa profonde science biologique, et il sortira de l'Église romaine... »

Si Haeckel s'est fait à ce point illusion sur l'attitude que prendrait dans la suite le P. Wasmann, il n'a pas eu à attendre longtemps pour être détrompé.

(1) On se demandera, après avoir lu ces lignes, comment Haeckel a osé écrire, quelques pages plus loin (p. 64), qu'il n'attaque ni la personne ni le caractère du P. Wasmann, mais seulement le système des Jésuites ; il ne doute pas que le célèbre biologiste n'ait écrit son livre en toute bonne foi !... Mais ceux-là seuls s'étonneront à qui la manière de Haeckel est étrangère. Dans ses dernières conférences (p. 37) on trouve encore des passages du goût de celui-ci : « Comme le montre toute l'histoire du Papisme romain, le grand charlatan du Vatican est l'ennemi naturel de la science libre et de l'enseignement libre, tel qu'il est pratiqué dans les universités allemandes. »

Il est assez intéressant de relever ce manque complet de tolérance et de dignité scientifique chez des adversaires qui posent pour les défenseurs de la pure et calme vérité.

(2) Cité d'après Haeckel, p. 33.

Le 2 mai, paraissait dans la GERMANIA et dans la KÖLNISCHE VOLKSZEITUNG une lettre ouverte au professeur d'Iéna dans laquelle le P. Wasmann, se plaçant au point de vue de la simple probité scientifique, se plaignait d'avoir été cité d'une manière inexacte. Si l'on s'était donné la peine de lire son livre avec plus d'attention, on n'aurait pas dit qu'il cherchait à pactiser avec la doctrine de Haeckel, puisqu'il a toujours affirmé la nécessité d'une intervention du Créateur pour l'origine du monde, pour celle de la vie et pour celle de l'homme ; on ne l'aurait pas présenté non plus comme un partisan du darwinisme, puisqu'il n'admet pas cette théorie spéciale, confondue à tort par Haeckel avec le transformisme. Enfin, Wasmann s'étonne que le professeur de zoologie d'Iéna se permette de parler si légèrement sur des questions de psychologie, qui semblent être assez en dehors de sa compétence.

Un abîme sépare donc de l'haeckélianisme la doctrine du célèbre jésuite. Sur le terrain philosophique, les deux systèmes sont contradictoires, et de cette divergence foncière dérive, au point de vue scientifique, une attitude toute différente à l'endroit de l'évolutionnisme. Pour Haeckel et pour les monistes, le transformisme le plus radical s'impose avec une nécessité logique : c'est un *postulat*, que l'on cherche à confirmer par des faits. Pour Wasmann et pour les créationnistes, l'évolution est une *hypothèse*, que l'on admettra, exactement dans la mesure où elle fournira, pour les données de l'observation, l'interprétation la plus rationnelle.

On comprendra, sans qu'il soit nécessaire d'insister, combien cette seconde manière d'envisager la théorie de la descendance offre plus de garanties d'impartialité scientifique. Lorsque l'on a absolument besoin d'un système pour défendre une thèse, il est fort à craindre que l'on se laisse influencer, dans l'appréciation des preuves apportées, par des motifs sans objectivité. Il en est tout autrement lorsque la thèse n'a rien à craindre de n'importe quel

système. Que les espèces végétales et animales se soient développées par évolution progressive, ou qu'elles aient toutes été créées directement, Dieu n'en reste pas moins nécessaire à l'origine du monde. On peut donc sans crainte interroger les faits et attendre leur réponse.

D'après le P. Wasmann, cette réponse est favorable au transformisme dans un nombre de cas suffisant pour qu'il faille reconnaître à la théorie de la descendance, restreinte à de justes limites, une vraie valeur scientifique.

Quelles sont ces limites et quelles sont les conclusions que l'on peut prudemment admettre, soit pour ce qui concerne le transformisme en général, soit pour son extension au corps de l'homme, c'est ce que nous allons exposer brièvement (1).

I. — *La théorie de l'évolution en général*

Pour écarter une pétition de principe qui se glisse fréquemment dans les discussions sur l'évolutionnisme, le P. Wasmann insiste sur la nécessité de distinguer soigneusement l'espèce *naturelle* de l'espèce *systématique*.

Une espèce *naturelle* est constituée par l'ensemble des êtres vivants issus d'une même souche.

Une espèce *systématique* est un groupe d'êtres vivants, ayant un certain nombre de caractères communs et distinctifs, assez stables pour constituer *actuellement* une unité morphologique et physiologique close.

(1) Le P. Wasmann rappelle à ceux de ses adversaires qui ont l'air de le traiter comme un Père de l'Église du XXe siècle, qu'il n'est en aucune manière le représentant autorisé des doctrines de l'Église, pas même de celles de son ordre. Il parle comme biologiste et comme philosophe en son nom personnel. Dans la suite de cet article, nous nous efforcerons de traduire sa pensée avec le plus de fidélité possible. Mais, nous ne nous croyons pas obligé d'imiter un certain nombre de critiques, d'ailleurs à peu près complètement étrangers aux sciences naturelles, qui ont cru nécessaire de nous donner leur avis sur la valeur objective des déductions du P. Wasmann.

La théorie fixiste maintient que la stabilité de l'espèce systématique est absolue.

La théorie transformiste admet que plusieurs espèces systématiques peuvent faire partie d'une même espèce naturelle.

Or, qu'arrive-t-il le plus souvent ? Prouvez à un partisan des doctrines fixistes qu'un certain nombre d'espèces systématiques descendent d'un ancêtre commun, il admettra le fait et n'en tirera que cette conclusion : vous, zoologistes, vous vous étiez trompés et vous aviez pris pour une bonne espèce ce qui n'était qu'une variété ou une race.

Le cercle vicieux est évident. On suppose que, *par définition*, l'espèce systématique n'est pas autre chose que l'espèce naturelle ; or, c'est cela précisément qui est mis en question.

Un fait s'impose en effet et qui ne doit pas être nié par les transformistes, c'est la stabilité actuelle de la presque totalité des espèces systématiques que nous pouvons observer.

Plate s'étant permis d'écrire que : « L'expérience des zoologistes spécialistes en systématique prouve, avec toute la netteté désirable, qu'une espèce ne peut pas être délimitée d'une manière tranchée, parce qu'une des lois fondamentales des organismes est la variabilité (1) », le P. Wasmann, qui a passé une bonne partie de sa vie à faire de la systématique, affirme que, pour avoir la vérité, il faudrait prendre exactement la contradictoire de la phrase de Plate, « car la variabilité des organismes ne s'exerce, le plus souvent, qu'entre les limites des races ».

Mais, la stabilité actuelle est-elle une preuve de la stabilité dans le passé ?

Le P. Wasmann ne le pense pas. Pour lui, les séries qui nous conduisent des espèces fossiles aux espèces actuelles représentent autre chose que des enchaînements

(1) BIOLOGISCHES CENTRALBLATT, 1901, n° 5.

logiques, et il lui paraît presque certain qu'il y a, entre les êtres vivant aujourd'hui et ceux qui ont peuplé la terre aux différentes époques géologiques, un lien de dépendance génétique (1).

Pour ne pas rester dans cette vague généralité, voici un exemple des raisonnements qui, d'après le P. Wasmann, doivent presque nécessairement entraîner la conviction ; il est tiré du sujet qui occupe depuis plus de vingt ans ce laborieux chercheur.

Le plus grand nombre des commensaux normaux des fourmis et des termites, ceux surtout qui présentent au plus haut degré des caractères d'adaptation à la vie myrmékophile ou termitophile, sont des coléoptères. Or les coléoptères sont beaucoup plus anciens, paléontologiquement, que les familles des fourmis et des termites ; ils apparaissent dès le trias; et, dans le lias, ils atteignent un tel développement, que beaucoup de familles et de genres actuels y sont déjà représentés. Les fourmis et les termites, au contraire, ne prennent de l'importance qu'à l'époque tertiaire. Auparavant, il n'y avait donc pas pour ces insectes d'occasions de s'adapter qui les auraient transformés en hôtes des fourmis ou des termites. Il nous faut donc admettre l'une ou l'autre des deux hypothèses suivantes :

Ou bien, à l'époque tertiaire il y a eu création d'une foule de nouvelles familles de coléoptères, qui sont exclusivement myrmékophiles ou termitophiles, comme les Paussides, les Clavigerides, les Gnostides, etc., et d'un nombre encore bien plus considérable de genres myrmékophiles ou termitophiles appartenant à d'autres familles comme les Staphylinides, les Scarabéides, etc. ; ou bien,

(1) Parlant de l'évolution, M. de Lapparent exprime le même avis : « L'impression qui résulte de la contemplation du monde paléontologique ne semble pas pouvoir s'accorder avec un autre système. » Cf. *Les Devoirs et les Droits de l'apologiste en matière scientifique* (REVUE D'APOLOGÉTIQUE, 1905, p. 244,).

ces hôtes des termites et des fourmis se sont développés aux dépens de souches préexistantes à l'époque mésozoïque, et dont les descendants se sont progressivement transformés.

« Cette dernière hypothèse, continue le P. Wasmann (p. 222), nous semble beaucoup plus vraisemblable, non seulement au point de vue scientifique, mais aussi à juger la chose en philosophe. Car, si la théorie transformiste nous fournit un moyen d'expliquer naturellement l'apparition de ces nouveaux types termitophiles et myrmékophiles comme des formes d'adaptation, nous ne devons pas avoir recours à une nouvelle création immédiate. »

A cette première preuve fournie par la paléontologie, l'embryogénie et l'anatomie en ajoutent de très pressantes dans ce même domaine des hôtes des fourmis et des termites. Nous citons, à titre d'exemple, les conclusions que tire le P. Wasmann des remarquables études qu'il poursuit sur des diptères de la famille des *Termitoxeniidae*.

Ces curieux insectes ne sont pas, comme les autres, monosexués, ce sont des hermaphrodites protandriques, c'est-à-dire que les glandes mâles arrivent chez eux à maturité avant les glandes femelles. A la différence des autres diptères, ils n'ont pas d'état larvaire proprement dit : celui-ci est remplacé par une forme sténogastre passant peu à peu à une forme physogastre, qui représente l'insecte adulte. Ces diptères n'ont pas d'ailes, mais ils portent sur le thorax de remarquables appendices, qui servent, tour à tour, de balanciers, d'organes de transport — car c'est par là que les termites les prennent pour les déplacer sans les endommager — d'organes des sens et enfin principalement d'organes excréteurs d'un exsudat dont les termites sont très friands.

En face de ces insectes bizarres, que dira la théorie fixiste ? Elle les placera, non parmi les diptères, mais dans un ordre à part, et elle sera obligée d'admettre que

ces espèces ont été créées dans cet état-là, *pour être termitophiles*.

La théorie de l'évolution reconnaît en eux de vrais diptères. Les curieux organes du mésothorax sont des ailes transformées. Ces insectes, vivant toujours dans les galeries des termites, n'ont que faire d'organes du vol. L'évolution s'est abrégée, de là la suppression du stade larvaire et la viviparité de certaines espèces. Bref, toutes les particularités de l'anatomie de ces insectes reçoivent dans la théorie de la descendance une explication rationnelle, alors que la théorie fixiste reste muette devant l'énigme.

Comme le fait remarquer judicieusement le P. Wasmann, ces exemples prouveraient peu de chose s'ils étaient isolés, mais la réalité est qu'ils sont infiniment nombreux, et c'est pour cela qu'une formation technique est nécessaire pour apprécier la valeur de pareils arguments. Si l'on n'est habitué à manier que des abstractions, on ne sera pas impressionné par ces vraisemblances accumulées, qui, dans les sciences d'observation et d'induction, conduisent à la certitude empirique.

Les preuves que nous avons examinées jusqu'ici sont indirectes; le P. Wasmann estime qu'il y en a aussi de directes en faveur du transformisme. A son avis, non seulement la stabilité des espèces systématiques n'est pas absolue dans la série chronologique, mais, même de nos jours, on peut constater que certaines espèces sont en train d'évoluer. C'est ce qu'il a cherché à démontrer dans son étude sur le développement phylogénique des *Dinarda*. En combinant toutes les données de ses observations sur l'anatomie, les mœurs, la distribution géographique des quatre espèces suivantes : *Dinarda dentata*, *D. Maerckelii*, *D. Hageni*, *D. Pygmaea*, il arrive à conclure, avec beaucoup de vraisemblance, que les deux premières sont maintenant complètement adaptées, tandis que les deux dernières sont en voie d'une adaptation plus

parfaite à leur vie myrmékophile. *Dinarda dentata* serait le type le plus ancien et duquel dériveraient les autres.

Nous sommes obligé de renoncer à reproduire la série des déductions qui ont conduit le P. Wasmann à ces conclusions ; plusieurs pages n'y suffiraient pas, et ceux de nos lecteurs qui nous auraient suivi, trouveraient peut-être encore l'argument assez difficile à mettre en forme. Ce qui ne prouverait rien, nous l'avons dit, contre sa valeur.

Le Père Wasmann est donc franchement partisan de la théorie transformiste, et, comme le faisait remarquer un critique d'ailleurs peu sympathique à notre auteur (1), ses convictions sont le résultat, non de spéculations *à priori*, mais d'une longue et patiente vie de recherches techniques.

Pourquoi faut-il que le Dr von Buttel-Reepen ajoute : « On ne sait pas où s'arrête le savant et où commence le jésuite » ? La même préoccupation d'honnêteté scientifique, qui détermine le P. Wasmann à accepter loyalement l'hypothèse, l'oblige à en restreindre l'application aux cas où elle est solidement appuyée sur les faits. Voilà pourquoi, comme savant, il constate que la théorie de la descendance devient de moins en moins probable, à mesure que l'on remonte des espèces systématiques aux groupements plus généraux de familles, d'ordres et de classes.

Voilà pourquoi encore il se refuse à admettre l'hypothèse toutes les fois que des faits d'observation soulèvent contre elle des difficultés non encore résolues. Telle est précisément son attitude vis-à-vis de la question du transformisme appliqué à l'homme.

II. — *La théorie de l'évolution appliquée à l'homme*

Le Père Wasmann examine successivement les deux questions suivantes :

(1) Dr von Buttel-Reepen. ARCHIV FÜR RASSEN- UND GESELLSCHAFTSBIOLOGIE, 1905, p. 281.

1° Est-on autorisé à envisager l'homme uniquement au point de vue zoologique ?

2° Que valent de fait les preuves anatomiques, physiologiques, paléontologiques, apportées en faveur de la descendance animale de l'homme ?

A la première, il répond par une négation formelle. Indépendamment de toute doctrine religieuse, une autre science que la zoologie a le droit de donner son avis sur l'homme et sur son origine. Cette science, c'est la psychologie. Elle est à base expérimentale comme les autres sciences naturelles, et il est illogique de récuser *à priori* ses conclusions. Or, la psychologie découvre dans l'homme un principe psychique d'un ordre essentiellement différent de celui des autres animaux. Par suite, il ne peut, en aucune façon, être question d'une origine animale pour l'âme humaine. Celle-ci est une substance spirituelle, qui réclame, pour sa genèse, une intervention spéciale de la cause créatrice. Si donc l'évolution est étendue à l'homme, ce sera seulement pour expliquer l'origine de son corps. Une des erreurs fondamentales de l'Haeckélianisme consiste à ne consulter systématiquement qu'une seule des sources de documentation qui nous sont ouvertes, quand il s'agit de la nature humaine. Et cet exclusivisme est anti-scientifique.

Mixte au point de vue de la philosophie naturelle, la question de l'origine de l'homme l'est encore par un autre endroit. Elle touche à un dogme, et de ce chef l'exégèse et la théologie doivent être entendues à leur tour.

Le Père Wasmann n'est pas entré dans la discussion dogmatique du sujet ; il s'est contenté de marquer les positions respectives du savant et du théologien. Il nous semble qu'il s'est acquitté de sa tâche avec une réserve à la fois prudente et large.

« On ne peut en aucune manière, dit-il (p. 284, note), blâmer les théologiens et les exégètes, lorsque, en considération du sens immédiatement obvie du récit génésiaque

et de décisions comme celle du Concile provincial de Cologne (1860, tit. IV, cap. 14), ils ne traitent cette matière qu'avec beaucoup de précautions et une réserve plutôt défiante à l'endroit de la théorie évolutionniste. Un zoologiste, un botaniste ou un chimiste qui n'ont aucune connaissance théologique sont aussi peu aptes à prononcer un jugement compétent en matière dogmatique, que le serait, par exemple, un théologien, ignorant complètement les sciences, à donner son avis sur l'évolution des Ammonites ou sur celle des Paussides. »

Aux exégètes, s'il en était qui l'oubliaient, Wasmann rappellerait aussi que la question a son côté scientifique. Il ne faut pas la traiter seulement en théologien, ni se hâter de déclarer contraire à l'Écriture sainte ce qui est peut-être susceptible d'une interprétation orthodoxe. Le système de Copernic lui aussi n'a-t-il pas été d'abord rejeté par l'opinion commune (1) ?

En l'espèce, le P. Wasmann se contente d'affirmer que l'autorité compétente n'a pas tranché le débat.

« Nous laissons, dit-il (p. 280), nos adversaires athées se représenter le Dieu du récit biblique comme un potier de forme humaine, pétrissant en terre glaise le corps d'Adam, puis lui insufflant une âme dans le visage. C'est une conception anthropomorphique que déjà saint

(1) On ne veut nullement insinuer que l'évolutionnisme, appliqué à l'homme, se trouve aujourd'hui dans la position qu'avait autrefois le système de Copernic. Il faudrait, pour qu'il y eût parité, que, de part et d'autre, les arguments scientifiques aient la même valeur, et, comme nous le dirons plus loin, il s'en faut de beaucoup.

Mais n'est-il pas vraiment utile de constater combien de temps il a fallu pour que l'habitude se prenne d'envisager une question sous un jour nouveau. Plus de cent ans après la condamnation de Galilée, la doctrine nouvelle était encore rejetée au nom de l'Écriture sainte.

A titre d'exemple, je signalerai les thèses qui étaient soutenues à Ingolstadt en 1756 par le P. *Joseph Mangold*, S. J. [*Philosophia rationalis et experimentalis hodiernis discentium studiis accommodata, auctore P. Josepho Mangold*, S. J. Ingolstadii et Monachii apud Cratz, 1756]. Ces arguments se trouvent au volume III, p. 425.

Huit ans plus tard, l'intransigeance est un peu moindre, si l'on en juge

Augustin a traitée de *nimium puerilis cogitatio*. Nous savons que ces expressions de la sainte Écriture doivent être regardées comme imagées, mais nous ne savons pas quelles propriétés possédait la matière dont Dieu s'est servi pour l'unir à la première âme humaine, directement créée par lui. »

Si donc, de ce côté, la question n'est pas authentiquement décidée, si la philosophie laisse libre champ à l'hypothèse, on peut se demander ce que dit la zoologie.

L'avis du P. Wasmann est que les arguments, apportés jusqu'à présent en faveur de la descendance animale du corps de l'homme, sont très faibles, pour ne pas dire tout à fait insuffisants (p. 285), et la critique, exclusivement scientifique, à laquelle il soumet, dans cette dernière partie de son ouvrage, les deux théories principales des évolutionnistes, mérite de fixer notre attention.

Un premier système, soutenu jadis par Karl Vogt, aujourd'hui seulement par un petit nombre d'anthropologistes, fait descendre l'homme directement du singe.

Un second, beaucoup plus généralement adopté à l'heure actuelle, considère l'homme et le singe comme les termes auxquels ont abouti deux séries divergentes issues d'un ancêtre commun, que l'on place vers les débuts de l'époque tertiaire.

La première théorie se heurte à des difficultés zoo-

par la *Philosophia recentior*, publiée par le Père *Maxime Mangold* en 1764, encore à Ingolstadt. Je trouve, au tome II, p. 455, la réponse aux difficultés faites aux « Copernicani ».

... « *Respondent... verba Scripturæ accipienda non esse in sensu litterali, physico, proprio et absoluto, sed in populari, optico, improprio et quoad apparentiam.* » Ne dirait-on pas ces lignes écrites d'hier. Or, à cette réponse des Copernicani, on ne fait pas de nouvelle objection ; seulement l'article se termine par cette proposition dont la forme dubitative mérite d'être notée (p. 462) :

« Hinc quamvis Systema Copernicanum sua sese simplicitate commendet atque etiam phænomenis astronomicis optime congruat, proin defendi ut hypothesis possit, tamen, si verba Scripturæ in proprio ac litterali sensu sint accipienda, in thesi defendi non potest, sed tenendum quoad substantiam erit systema Tychonicum. »

logiques que le P. Wasmann juge fort sérieuses, à celle-ci en particulier : sur quelques points, il faudrait admettre que l'homme n'est pas à un degré d'évolution plus avancé que les singes, mais au contraire que ces derniers représentent un type plus hautement organisé. Certains organes de l'homme seraient dans un état de régression qui semble contraire aux principes de l'évolution.

Le P. Wasmann fait également la critique des arguments physiologiques et anatomiques, apportés par Selenka et Klaatsch pour appuyer la descendance simienne de l'homme.

Nous n'insisterons pas sur cette réfutation qui a été souvent faite et ici même (1) d'une manière assez complète.

Il semble donc qu'il faille renoncer à trouver dans le singe l'ancêtre de l'homme. Est-il scientifiquement plus vraisemblable que l'homme et le singe soient reliés par un ancêtre commun ? A ne considérer la question qu'au point de vue zoologique, et en se plaçant sur le terrain de l'anatomie comparée, cette opinion serait certainement beaucoup plus acceptable, mais, pour elle, la difficulté vient des découvertes paléontologiques.

En effet, si l'hypothèse des deux séries partant d'un même ancêtre et aboutissant d'une part aux singes actuels, de l'autre à l'homme, a été réalisée, on devrait trouver parmi les espèces fossiles des types intermédiaires aussi bien pour la série simienne que pour la série se terminant à l'homme. Or, pour la première, on connaît, de fait, un assez grand nombre de fossiles représentant passablement la généalogie phylétique des singes actuels ; pour la seconde, on ne trouve rien, absolument rien (2).

Preuve négative, dira-t-on ! C'est vrai, mais, dans

(1) Fr. Dierckx, S. J. *L'origine de l'homme d'après Ern. Haeckel*, t. XLVII, p. 390.

(2) D'accord avec un bon nombre d'anthropologistes distingués, le P. Wasmann est d'avis que le *Pithecanthropus erectus* n'est pas un de ces chaînons intermédiaires.

l'espèce, preuve, dont on ne saurait, semble-t-il, nier la valeur. Est-il scientifiquement vraisemblable que, seuls, les ascendants du singe aient eu leurs squelettes conservés, et que tous les ascendants de l'homme aient disparu sans laisser de traces (1) ?

Que valent les arguments tirés de l'embryogénie humaine? Le P. Wasmann est d'avis que celle-ci ne présente aucune particularité qui ne puisse s'expliquer que par l'ascendance animale de l'homme. Si l'on signalait dans le développement de l'embryon humain quelque chose comme ce que Kükenthal a décrit pour la baleine, il faudrait parler autrement (2). Mais il n'en est pas ainsi.

Il faut donc regarder comme singulièrement hasardées les déclarations des biologistes qui parlent de la descendance animale de l'homme comme d'un fait acquis à la science, et c'est rendre un mauvais service aux doctrines transformistes, que de les appliquer systématiquement dans des cas où les observations semblent parler contre elles.

Telle est dans ses grandes lignes l'opinion du P. Wasmann sur l'évolution ; comme on l'a vu, loin de la repousser en bloc et *à priori*, il la considère comme la seule interprétation rationnelle d'un grand nombre de faits

(1) Une dernière supposition, qui, je crois, n'a pas été envisagée par le P. Wasmann, pourrait être faite par les évolutionnistes, et il faudrait en montrer l'inadmissibilité, pour avoir contre eux un argument rigoureux. On pourrait, en effet, imaginer, pour la série simienne, une évolution lente et passant par un grand nombre de formes intermédiaires, pour la série humaine une évolution rapide à partir de l'ancêtre commun. Ainsi s'expliquerait l'absence d'ascendants pour l'homme dans les espèces fossiles. Mais alors on devrait trouver l'homme fossile contemporain des premiers ancêtres du singe actuel et la paléontologie nous apprend que l'homme ne fait son apparition que beaucoup plus tard.

(2) Ce savant a montré que, pendant le développement embryonnaire, la baleine possède de véritables dents, tandis que les adultes en sont dépourvues. Comme, d'autre part, on connaît des baleines fossiles qui, à l'état adulte, étaient munies de dents, on est incliné à supposer (le P. Wasmann dit, p. 228 : logiquement forcé de conclure) que nos baleines actuelles descendent de celles de l'époque tertiaire. Les dents que l'on ne trouve plus aujourd'hui que chez l'embryon seraient de simples organes témoins.

biologiques ; mais il demande que l'on n'affirme pas sans preuve la parenté phylétique de telles ou telles espèces. Nous ne voyons rien là que de très objectif et de très scientifique, et si le lecteur avait lu dans son texte l'étude du P. Wasmann, il se demanderait sans doute avec nous comment la science biologique allemande peut être mise en péril par des travaux où brillent une précision et une rigueur logique, que l'on aimerait à trouver toujours sous la plume des évolutionnistes vulgarisateurs. Ce qui, peut-être, court quelque danger (et nous aurions là une explication suffisante des colères du professeur d'Iéna), c'est l'hégémonie intellectuelle à laquelle prétend l'haeckélianisme.

Si Haeckel et ses amis étaient seuls à connaître la biologie, le public incompétent serait bien un peu entraîné malgré lui à accepter sans contrôle les dogmes du monisme. Mais que des philosophes théistes deviennent, comme savants, les égaux de leurs adversaires athées, qu'ils demandent respectueusement que l'on veuille bien se donner la peine de prouver ce que l'on affirme, cela rend un peu moins commode la position de ceux qui — je ne dirai pas, me servant du langage d'Haeckel, comme des charlatans — mais comme des imprudents, se mettent dans l'impossibilité de soutenir, devant un auditoire de spécialistes, ce qu'ils ont proclamé dans des réunions populaires.

Sans doute, parmi ceux qui attaquent nos idées religieuses, il y a des travailleurs de premier ordre et des hommes qui, pour rien au monde, ne voudraient violenter un fait en faveur d'une thèse, mais l'expérience a appris que tous n'ont pas de tels scrupules. Il est bon que de notre côté d'autres — fussent-ce même des jésuites — soient capables de les leur suggérer.

R. DE SINÉTY, S. J.

L'ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL

DU 30 AOUT 1905

Si un événement astronomique a été attendu avec une fiévreuse impatience, ce fut très certainement l'éclipse totale du 30 août 1905. Dès l'année dernière, à pareille époque, tous les observatoires se préparaient à ce grand événement. La trajectoire de l'éclipse fut étudiée dans ses moindres détails, toutes les Revues scientifiques discutèrent les conditions météorologiques locales et chacun se basant sur des moyennes de température et de nébulosité choisissait, un an à l'avance, l'emplacement qu'il croyait lui convenir.

Le trajet de l'éclipse favorisait d'ailleurs singulièrement la répartition des différentes missions. Le cône d'ombre devait commencer à toucher la Terre au Canada, au sud du lac Winnipeg, passait sur l'extrémité australe de la Baie d'Hudson, quittait l'Amérique un peu au-dessus de Terre-Neuve et, après avoir parcouru l'Atlantique en biais, prenait en écharpe la péninsule Ibérique, couvrant sur une largeur de plus de deux cents kilomètres toute la région comprise entre Oviedo et Oropesa.

De la côte orientale d'Espagne, le cône d'ombre, effleurant Majorque, se dirigeait vers le sud-est, entrait en Algérie non loin de Philippeville et Collo, puis continuait vers Sfax, Tripoli et l'Égypte pour finir en Arabie.

Sur tout cet immense trajet, accompli en 2 heures 53 minutes, la durée moyenne de l'éclipse totale était d'environ trois minutes, intervalle très suffisant pour mener à bien les opérations même compliquées.

On ne se fit pas faute de mettre au programme les expériences les plus difficiles et les plus nouvelles. Bref, la fièvre d'activité accompagnant les préparatifs de l'éclipse n'a de précédent, je crois, que dans la campagne entreprise en 1874 pour la mesure de la parallaxe solaire au moyen du passage de Vénus.

Le mois d'août, en Espagne, d'après toutes les données, n'est pas favorable aux observations astronomiques ; les orages y sont fréquents, la nébulosité moyenne très élevée, mais on peut toujours compter sur un aléa. D'autre part, rien n'est menteur comme une statistique météorologique ; l'étude d'un phénomène du genre d'une éclipse peut enfin tenir à une éclaircie momentanée. Toutes ces raisons, jointes à une grande facilité de pénétration en Espagne, firent choisir cette contrée comme lieu principal d'observation et, du cap Santander à Alcala, on ne vit pendant un grand mois que des astronomes accompagnés de leurs instruments.

L'Algérie et la Tunisie, en raison de l'éloignement des centres scientifiques, furent moins fréquentées et quelques missions seulement s'y rendirent.

Il y a déjà quatre mois que le phénomène est passé et il serait grandement temps de présenter un compte rendu des résultats. Malheureusement, je crains bien que ceux-ci n'aient pas donné aux astronomes toute la satisfaction désirable. Le temps a gêné un peu partout les observations et, sauf en quelques points privilégiés, le ciel a été plus ou moins couvert.

Nous allons exposer cependant, en suivant la trajectoire de l'éclipse, les résultats acquis définitivement.

I

LES OBSERVATIONS EN ESPAGNE

Au Labrador, les missions anglaises et américaines n'ont rien pu obtenir, le temps s'est montré absolument mauvais et il nous faut passer immédiatement en Espagne.

A Cistierna, se trouvaient réunis MM. Puiseux et Hamy, de l'Observatoire de Paris ; M. Lebeuf, directeur de l'Observatoire de Besançon ; M. Baillaud, directeur de l'Observatoire de Toulouse, accompagné de MM. Le Morvan et Chofardet. Le ciel s'est montré malheureusement couvert pendant toute la durée de la totalité.

A Burgos, le ciel très nuageux d'une façon générale, s'est néanmoins découvert en certains points pendant toute la durée de la totalité. M. G. Meslin, chargé d'une mission de l'Université de Montpellier, a fait des mesures relatives à la polarisation de la couronne. Il a constaté que la proportion de lumière polarisée est très sensiblement la même dans la région polaire et dans la région équatoriale ; elle est très voisine de 50 p. c. Ce nombre est identique à celui qui a été donné par M. Landerer pour une région située sur l'écliptique à quelques secondes du bord solaire. Cette proportion élevée de lumière polarisée semble indiquer qu'une partie au moins de la lumière nous arrivant de la couronne a subi des réflexions ou des réfractions. A l'aide du polariscope de Bravais, il a cherché les changements de teinte ou d'intensité, dans la zone polaire, dans la zone équatoriale et dans l'azimut de 45°, en donnant au nicol les deux orientations principales. Il n'a dans aucun cas constaté de polarisation elliptique, ni avec le bilame qu'il avait fait construire, ni avec le bilame ordinaire substitué au précédent un peu avant le troisième contact. Il conclut de ses observations que les réflexions dont il vient d'être

question n'ont pas le caractère de la réflexion métallique ou que les réfractions ne se produisent pas à travers des couches rendues biréfringentes.

Les observations de M. Treschel ont été intéressantes. « Ce qu'il y avait de remarquable, dit-il, était la courbure très accentuée des rayons partant du Soleil dans la direction nord-est, courbure constatée également par les Pères Jésuites du collège où je m'étais installé et qui s'occupaient de cette partie de la couronne. Il ne peut y avoir aucun doute sur cette courbure des rayons.

» Les rayons sud-ouest de la couronne atteignaient une longueur double du diamètre du Soleil. La courbure des rayons et l'aspect général de la couronne n'ont pas varié pendant la durée de la totalité.

» J'ai pu faire un croquis à la lumière même de la couronne, sans m'aider d'une lanterne. Un peu avant le commencement de l'éclipse, le baromètre est sensiblement descendu d'un millimètre, pour remonter tout aussitôt après ; mais cette variation de pression me semble plutôt avoir été produite par une dépression locale se manifestant par la présence de gros nuages orageux, qui ont même laissé tomber quelques gouttes de pluie, mais ne se sont pas réunis et ont été entraînés par le vent.

» L'obscurcissement causé par l'éclipse ressemblait en tous points à celui qu'on observe quelquefois à l'approche d'un gros orage en été, au milieu de la journée. »

M. Nielsen, au Campo de la Isla, près de Burgos, put constater cinq grandes protubérances sur le limbe est. Elles étaient de couleur rouge cerise vif ordinaire, sauf la quatrième, qui était un peu plus pâle vers le sommet. Plusieurs personnes à la même station auraient vu cette protubérance et toute la région chromosphérique entre la troisième et la cinquième protubérance de couleur vert chimique (coronium ?). M. Nielsen s'assura aussitôt que ces personnes n'étaient pas atteintes de daltonisme. Une de ces protubérances resta visible très longtemps avant d'être

couverte par la lune qui s'avançait. En même temps deux protubérances apparaissaient dans le quadrant nord-ouest suivies, deux ou trois secondes plus tard, par une huitième dans le quadrant sud-ouest, toutes de couleur rouge ordinaire, ainsi que la chromosphère très bien visible autour du limbe ouest.

Le corps de la Lune paraissait comme un disque et non comme un globe. Il était de couleur noire bleuâtre terne.

Il fut impossible de voir l'ombre s'approcher, mais on la vit très nettement se dessiner sur des collines de quinze cents mètres de hauteur et assez éloignées vers l'est. Elle mit au moins une minute pour atteindre l'horizon.

M. Nielsen observa très bien les bandes d'ombre, elles allaient de l'ouest à l'est à la vitesse de cinq à six milles à l'heure. Il estima à trente ou quarante centimètres la distance qui séparait les bandes et à huit ou dix centimètres la largeur des bandes elles-mêmes.

Mgr Spée, astronome à l'Observatoire Royal de Belgique, qui s'était rendu à Burgos, eut l'heureuse idée d'employer plusieurs personnes pour avoir un dessin de la couronne, chacune d'elles ayant à reproduire un secteur déterminé à l'avance. Le succès fut complet et Mgr Spée a donné un très beau dessin dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE D'ASTRONOMIE du mois d'octobre. Voici la description du phénomène tel qu'il est apparu à Mgr Spée.

« La couronne se montra au moment précis où le croissant s'éteignit, et je ne pus constater sa présence même une seconde avant l'occultation complète ; je la jugeai moins brillante que dans l'éclipse du 28 mai 1900. Les mauvaises conditions atmosphériques rendent fort bien compte de ces deux particularités ; j'ai déjà signalé l'influence considérable qu'exerçait sur l'apparence et l'éclat de cette enveloppe du Soleil l'état de l'air. Sa lumière propre ne dépasse certes pas de beaucoup celle de la pleine Lune, et il suffit de la présence d'un léger brouillard pour

en affaiblir les rayons. Ceux qui nous arrivaient devaient traverser des milieux chargés de vapeur d'eau, milieux qui en absorbaient une partie.

» Au même instant que la couronne, je vis un arc rose, d'un ton assez vif, embrassant tout le contour est de la Lune. Cette vision ne dura que deux à trois secondes, après lesquelles le disque noir ne me parut plus qu'entouré d'un anneau, d'un blanc d'argent mat uniforme d'une largeur que j'estimai à deux minutes environ. A partir de cet anneau, très brillant, la lumière s'affaiblissait graduellement et de certaines régions partaient des faisceaux, inégaux en grandeur et en éclat, d'un caractère presque impossible à rendre avec un crayon. Suivant la ligne horizontale passant par le centre, il y en avait un à droite et un à gauche d'une longueur égale au diamètre de la Lune. Le plus étendu se trouvait dans le secteur d'en bas, vers l'ouest ; du même côté, mais dans le secteur d'en haut, se voyaient trois jets d'une lumière plus vive ; enfin, dans le secteur d'en haut, vers l'est, un faisceau compact était fortement incliné vers le pôle, comme s'il subissait l'action d'un souffle puissant. Tous les faisceaux proprement dits allaient en s'amincissant à mesure qu'ils s'éloignaient du bord. Je n'aperçus aucune protubérance.

» En somme le type, dans son ensemble, est bien celui qu'a présenté la couronne aux éclipses du 22 décembre 1870, du 6 mai 1883 et surtout à celle du 16 avril 1893. Or toutes ces époques, ainsi que la présente, coïncident avec des maxima d'activité solaire : cette similitude vient à l'appui de l'opinion générale, que les variations de forme et d'étendue de la couronne seraient liées aux troubles dont la photosphère est le siège. »

L'expédition belge dirigée par M. Damry a obtenu aussi quelques résultats satisfaisants dont nous dirons les principaux. M. Ventosa a déterminé les heures des contacts en observant avec une lunette binoculaire prismatique de Busch, grossissant linéairement douze fois, un oculaire

teinté pour l'observation des phases partielles, l'autre libre utilisable pendant la totalité. Les temps étaient notés au moyen d'une montre de précision et d'un compteur à secondes mis en mouvement ou immobilisé aux instants des contacts.

Par ces moyens relativement simples M. Ventosa a trouvé que le deuxième et le troisième contacts s'étaient produits dix-sept secondes en avance sur l'heure calculée, la durée de la totalité n'étant pas sensiblement altérée.

M. Quignon avait pris à tâche de guetter les franges d'ombre et de les photographier, si possible. Un écran blanc avait été adapté à cet effet à l'une des tentes dont on disposait. Trois appareils photographiques ont fonctionné sans résultat nettement visible, alors que l'opérateur voyait distinctement le phénomène onduler sur la toile.

La direction des franges était parallèle à celle de la marche de l'ombre de la Lune. Elles présentaient un écartement de 30 centimètres avec une largeur moyenne de 15 centimètres environ.

Plusieurs étoiles ont été identifiées : α Hydre, Procyon, Régulus ; Vénus était visible plusieurs minutes avant la totalité.

Les mesures d'intensité photogénique avant, pendant et après le phénomène, seront faites ultérieurement à l'aide des plaques obtenues.

Une autre mission du Bureau des Longitudes comprenant les astronomes de l'Observatoire de Bordeaux était installée dans la pépinière du service forestier du district de Burgos, à quinze cents mètres au nord-est de la ville. Elle disposait d'un équatorial photographique (doublet de Grubb de 12 centimètres de diamètre et de 110 centimètres de distance focale) et d'un équatorial visuel (objectif de 8 pouces et de $3^m,10$ de longueur focale) portant un spectroscope à trois prismes de 60°, en flint léger, capable de montrer facilement les raies du calcium com-

prises entre les raies D. Cet appareil était destiné à fournir des photographies du spectre de la couche renversante et des diverses régions de la couronne.

L'observation de l'éclipse ne put malheureusement se faire que pendant des intervalles très courts. Néanmoins, M. Courty a pu obtenir, à l'équatorial photographique, deux bonnes images de la couronne.

Dans le voisinage de Burgos, certains observateurs ont été encore moins bien partagés.

La mission du Bureau des Longitudes confiée à M. Deslandres et installée à Villargamar, à trois kilomètres de Burgos, n'a pu observer la totalité que pendant une minute. Mais ce court intervalle a été bien employé.

M. Fabry a pu faire une observation photométrique sur la lumière totale de la couronne et une observation sur l'éclat d'un de ses points.

M. Bernard, qui disposait d'un photomètre spécial, destiné à comparer les éclats de la lumière circumsolaire dans les diverses phases du phénomène, a pu faire aussi une mesure pendant la totalité.

MM. d'Azambuja et Sausot ont pu faire des mesures dans le spectre calorifique de la couronne avec deux appareils différents.

M. Kannapell a obtenu quatre épreuves photographiques de la couronne polarisée par réflexion.

Il a obtenu aussi une image de la couronne avec un spectrographe et la seule raie verte λ 530, image qui donne cette couronne aux pôles du Soleil, et qui, à ce point de vue, est nouvelle.

M. Blum a pu obtenir deux belles épreuves de la couronne intérieure avec des écrans colorés qui ne laissent passer aucune radiation gazeuse des protubérances. Le but était de reconnaître si les protubérances émettent réellement un spectre continu plus intense que les régions voisines. La comparaison de ces épreuves avec d'autres ordinaires permettra de résoudre la question.

M. Evershed, le spectroscopiste anglais bien connu, avait établi une très belle chambre prismatique près de Burgos ; mais il semble inutile de compter sur ses travaux car, le soir même, l'illustre astronome envoyait à la Royal Society un télégramme ainsi conçu : Nuages épais, aucun résultat.

A Almazan, trois missions étaient réuniés. La première, américaine, d'Indiana University, ayant à sa tête M. J.-A. Miller, chef de l'expédition, et le Prof. Cogshall ; la seconde, mexicaine, de l'Observatoire de Tacubaya, ayant à sa tête le Prof. Gamma et le Prof. Gallo. Ces deux missions avaient principalement en vue la photographie de la couronne et étaient munies d'appareils gigantesques, notamment de lunettes de dix-huit mètres de longueur montées en cœlostats. Nous ne connaissons rien des résultats obtenus. Il n'en est pas de même de la troisième mission dirigée par M. Flammarion, directeur de l'Observatoire de Juvisy, qui s'était rendu dans cette localité, accompagné de Mme Flammarion son secrétaire, ainsi que de MM. Quénisset et Penso.

Malgré un temps très mauvais et un ciel couvert, la mission put voir le phénomène dans une éclaircie. Nous donnons textuellement le récit qu'en a fait M. Flammarion.

« Aussitôt que le disque noir de la Lune eut entièrement couvert le disque solaire, j'ai immédiatement été frappé par l'éclat des protubérances rouges qui se montraient sur le bord gauche ou oriental. Elles étaient parfaitement visibles, non seulement à la jumelle, mais encore à l'œil nu. Elles étaient non pas roses, mais *rouges*, d'un rouge vif de cerise et aussi faciles à voir que la couronne elle-même.

» Donc la couronne et les protubérances émettent une lumière assez intense pour traverser deux couches de nuages légers. Il me semble même que ces protubérances pourraient être observées sans éclipse si l'on pouvait, dans un ciel pur, au sommet d'une montagne élevée,

masquer le disque solaire par un écran de même dimension, entraîné assez loin de l'objectif d'un équatorial pointé sur le Soleil.

» Ces protubérances ou flammes rouges ont été visibles pendant une demi-minute. Je n'ai pas compté. Le spectacle est si beau, si splendide, si extraordinaire, qu'il est difficile de le contempler froidement. J'avais, par exemple, tout préparé, pour noter le moment du commencement de la totalité ainsi que celui de la fin, constater si la durée observée correspondait exactement au calcul, et ce projet s'est évanoui à l'instant précis où il pouvait être réalisé. Il en a été de même pour M. Quénisset, qui observait non loin de moi à l'équatorial, et pour M. Penso, qui suivait le phénomène par projection.

» Pendant la première demi-minute, les protubérances du bord oriental du Soleil frappaient par leur couleur rouge et leur éclat. La couronne, d'un blanc d'argent, paraissait légèrement verte, sans doute par un effet de contraste. Le disque lunaire, en s'avançant vers la gauche, les couvrit graduellement et les éclipsa. Au milieu de la totalité, pendant deux minutes peut-être, le bord solaire se montra absolument net. Mais avant la fin, et pendant un temps que j'estime également à une demi-minute, d'autres protubérances, démasquées par la Lune, se montrèrent à droite le long du bord occidental, moins importantes toutefois que les premières.

» A travers ce ciel nuageux, que nous avons photographié, le contour extérieur de la couronne était indiscernable. Mais la région la plus intense, voisine du Soleil, brillait avec un éclat notable. Les croquis que j'ai pu prendre *ne montrent que ce qui était visible dans ces conditions atmosphériques*.

» J'ai pu faire deux esquisses rapides de la couronne ainsi visible. Sa largeur égalait environ le sixième du diamètre du Soleil éclipsé, ou le tiers du rayon. Dans la première esquisse, les protubérances sont visibles sur le

bord gauche ou oriental du disque ; dans la seconde, on les voit sur le bord droit ou occidental. Au milieu de la totalité, aucune protubérance ne se montrait.

» Le diamètre de la Lune étant à cette heure-là de 32'45",0 et celui du Soleil de 31'41",4, le disque lunaire dépassait le disque solaire de 1'3",6 ou 63",6, c'est-à-dire par un anneau de 31",8. Les flammes visibles ne devaient pas dépasser cette hauteur, sinon par des pointes ou des nuages rares, car le disque lunaire les a masquées pendant la majorité de l'éclipse.

» La couronne visible dans ce ciel nuageux pouvait mesurer environ 5 minutes. Les protubérances ne paraissaient pas surpasser une demi-minute, il semble qu'elles auraient dû être à peine perceptibles. Cependant, elles paraissaient fort élevées, même à l'œil nu, leur couleur rouge tranchant nettement sur le fond de la couronne argentée. Elles s'élevaient sans doute en pointes fines, dépassant peut-être 31",8, mais trop fines pour être vues au milieu de la totalité, à travers les nuages.

» Ajoutons qu'elles occupaient un grand espace en longueur. Si l'on réunit les deux côtés observés dans la première et dans la seconde partie de l'éclipse, on obtient une troisième figure, qui montre le contour du Soleil au moment du phénomène.

» Le voile nuageux masquant le contour extérieur de la couronne, il m'a été impossible de savoir, à Almazan, si ce contour était régulier ou lançait des jets, des rayonnements, des aigrettes, à de grandes distances, comme je l'ai observé en 1900. Son uniformité circulaire, au moins par l'intensité visible, indiquait bien, comme aspect général, *le type correspondant au maximum de l'activité solaire, tout opposé au type équatorial de 1900, correspondant au minimum.*

» Il est superflu d'ajouter que si le ciel avait été pur, nous aurions vu les flammes solaires avec toute leur hau-

teur réelle, et la couronne avec toute son étendue. Nous n'avons vu que les régions les plus intenses.

» Là où le ciel a été pur, la couronne a été vue s'étendant à distance avec des rayonnements splendides. J'avais espéré que la photographie nous aurait aidés à reconnaître la forme exacte de la couronne et des protubérances ; mais, quoique la vision n'ait pas été par trop mauvaise à travers ce ciel nuageux, la chambre noire ne nous a rien donné du tout. Les nuages m'ont empêché également de répéter mes observations de 1900 sur la duplicité de la couronne. »

A Alcosèbre, M. Landerer a été favorisé d'un assez beau temps et a réalisé son programme qui portait sur l'étude de la polarisation de la lumière coronale. En 1900, cette étude avait montré que la polarisation commençait dès le milieu de la couronne intérieure. Il n'en a pas été de même cette année, la polarisation ne s'est montrée qu'au-dessus de cette couche, atteignant son maximum en pleine couronne extérieure. Sur les six photographies prises pendant la totalité, les deux images du disque lunaire apparaissent entourées d'une atmosphère lumineuse ayant à sa base la même intensité sur tout leur pourtour. L'action du prisme de Wollaston employé n'y est nettement visible qu'à partir des couches élevées de la couronne intérieure proprement dite.

Bien que la précision que l'on peut atteindre avec le procédé employé soit inférieure à celle du photopolarimètre, il permet néanmoins d'obtenir des résultats approchés au 1/10. La proportion de lumière polarisée dont il s'agit maintenant, mesurée sur les clichés à l'aide d'une gamme à dix intensités, savoir : zéro pour la lumière naturelle, 10 pour la lumière complètement polarisée, a été trouvée comprise entre 0,50 et 0,60, valeur qui diffère à peine de celle obtenue en 1900.

La durée de la totalité a été exactement celle de la

durée calculée, c'est-à-dire $3^m,42^s$, résultat obtenu en même temps par la mission Janssen établie non loin de là.

Cette dernière mission a obtenu avec M. Pasteur différentes photographies de la couronne, d'un intérêt médiocre d'ailleurs, car les clichés ne montrent plus de traces de lumière coronale à partir de 15′ du limbe de la Lune. Elles sont moins étendues que la couronne vue à l'œil nu.

MM. Millochau et Stéphanick, de la même mission, ont mieux employé leur temps en photographiant et en observant les spectres de la couche renversante et de la couronne.

La côte est de l'Espagne avait donné refuge à un grand nombre d'observateurs.

A Alcala de Chisvert, situé près de la totalité, se trouvait la mission de M. De la Baume Pluvinel. Nous savons, sans aucun autre détail, que, malgré les nuages, cet habile astronome a réalisé une bonne partie de son programme.

Nous citerons pour mémoire les observations de M. G. Tremblay et de M. Moye. Ce dernier a donné un dessin qui m'a paru singulier. Tous les panaches revêtent la forme d'ogives bien marquées ; M. Moye est le seul qui ait vu cette apparence, propre plutôt aux couronnes des périodes de transition et nettement marquée par exemple dans le beau dessin de M. Hansky en 1896. Je dois ajouter qu'à Sfax, où j'observais l'éclipse dans de très bonnes conditions, je n'ai rien vu qui approchât de près ou de loin de ces formes ogivales, pas plus à l'œil nu qu'à la lunette, et nos photographies ne montrent rien d'analogue. Bien plus, M. Moye est le seul observateur, jusqu'à ce moment, qui ait signalé ces apparences ; nous lui laissons toute la responsabilité de cette étrange vision.

Les travaux photographiques et spectrographiques beaucoup plus sérieux de MM. Simonin, Javelle et Colomas ne sont pas encore connus.

M. Comas Sola, directeur de l'Observatoire Fabra de

Barcelone, et M. Raurich ont obtenu de très beaux résultats à Vinaroz.

M. Comas Sola a pu faire trois photographies de la couronne avec un objectif Grubb de 15 centimètres monté sur pied équatorial ; les poses ont varié de 8 à 12 secondes. Dans ces photographies, on voit des filaments vers l'ouest du Soleil qui atteignent jusqu'à trois fois le diamètre solaire. Il y a des filaments courbes et un pinceau de rayons au pôle sud dont l'axe de symétrie coïncide avec l'axe du Soleil, ce qui rappelle l'aspect caractéristique de la couronne sur les pôles solaires pendant les époques de minimum d'activité. Les plus longs filaments sont équatoriaux et rectilignes. La plupart des protubérances sont très visibles dans les clichés (plaques anti-halo *special rapid* Ilford).

A l'œil nu et au commencement de la totalité, on a vu plusieurs protubérances, notamment à l'est, d'une couleur rouge très intense, semblable à celle de la région C du spectre. La couche coronale en contact avec la photosphère était très blanche, comme la lumière du magnésium.

Le premier contact intérieur a été observé par deux procédés : par l'observation directe de la disparition du dernier rayon de soleil et par l'observation de l'inversion du spectre au moyen d'une jumelle qui portait un prisme de 60° devant un des objectifs. L'apparition du *flash-spectrum* a précédé d'une demi-seconde l'appréciation du premier contact intérieur par vision directe, appréciation faite également au moyen d'une autre jumelle semblable. L'observation du renversement du spectre est due à M. A. Garcia. La couronne a été évidemment plus étendue et plus lumineuse qu'en 1900.

« Avec un objectif de 11 centimètres et un grand prisme de flint de 60°, dit M. Comas Sola, j'ai fait la photographie de plusieurs spectres chromosphériques, en me servant de la même monture parallactique que pour l'autre chambre. Dans ces photographies on remarque, en premier

lieu, que le spectre de la chromosphère est peu riche en raies, moins qu'en 1900. D'autre part, la majorité des grandes protubérances a donné un spectre continu.

» Les raies des protubérances ont été très diverses, selon leur origine. Dans les spectres des petites protubérances, il y a eu également de grandes différences. Dans presque tous, la raie H du calcium est invisible. Dans une autre petite photographie apparaît bien la raie H du calcium, mais les raies de l'hydrogène H_γ et H_δ sont invisibles. La raie F est aussi invisible dans quelques protubérances. Cinq minutes avant la totalité, on voit renversée, dans la photographie du spectre de la chromosphère, la raie H_γ, mais les raies H et K sont renversées quelques instants seulement avant le commencement de la totalité, ce qui a été confirmé par la pellicule que j'ai obtenue avec un cinématographe de M. Gaumont, dans lequel j'avais placé, devant son objectif de Goerz, un prisme de M. Mailhat. On doit conseiller ce procédé spectro-cinématographique comme un puissant auxiliaire des autres observations spectrographiques.

» La luminosité générale de l'atmosphère pendant la totalité a été plus intense qu'en 1900, sans doute par suite de la grande intensité lumineuse de la couronne. »

M. Raurich a pris un dessin dont il faut le féliciter ; c'est le meilleur, à mon avis, qui ait paru sur l'éclipse du mois d'août, et celui qui se rapproche le plus des photographies.

Dans la même ville se trouvait une mission anglaise dirigée par le P. Cortie, assisté de MM. Adrian Liddell, L. Cafferata et G. de Aquilera. Malgré de légers nuages qui passèrent devant le Soleil au commencement de l'éclipse, la réussite fut complète. Six belles photographies de la couronne donnant une image du Soleil de 53 millimètres de diamètre ont été obtenues à l'aide d'une lunette de 5 mètres de distance focale munie d'une lentille de 10 centimètres, instrument appartenant à l'Académie royale

d'Irlande. Ils ont, en outre, pris des photographies du spectre de la couronne.

A l'Observatoire de Tortosa, le P. Cirera, assisté d'un nombreux personnel, a pu utiliser une éclaircie d'une minute et demie pour prendre quatre photographies de la couronne, plusieurs dessins, ainsi que bon nombre d'observations sur les éléments météorologiques.

Le P. Lucas, très connu de nos lecteurs, et le P. Wulff ont déterminé la durée de la totalité à l'aide d'un appareil nouveau de leur invention et basé sur les propriétés électriques du sélénium.

M. André, directeur de l'Observatoire de Lyon, campé non loin de là, a été moins favorisé. Malgré les nuages il a pu, il est vrai, observer les contacts extrêmes, mais le ciel a été couvert pendant toute la totalité. Les mesures d'ionisation et de champ électrique ont été poursuivies pendant toute la durée de l'éclipse.

D'après un correspondant écrivant au TIMES, quelques observations intéressantes et d'un caractère simple furent faites par des astronomes amateurs à bord de l'*Arcadia* qui, au moment de l'éclipse, se trouvait près de la côte d'Espagne, non loin de Castellon. Des membres de la British Astronomical Association étaient à bord ; ils s'organisèrent pour observer les divers détails du phénomène. Des nuages passaient sur le Soleil, mais il y avait des intervalles de clarté parfaite. On vit les *grains de Baily* en même temps que les bandes d'ombre. La couronne était très compacte, très brillante et de teinte argentée. Un seul rayon s'élançait d'une façon remarquable hors de la couronne, mais il existait également quatre ou cinq banderoles plus faibles. Les protubérances parurent plus pâles que de coutume.

A bord d'un autre steamer, l'*Ortona*, le Docteur Larmor a observé le phénomène. Voici ses conclusions : La couronne était très belle et très détaillée, de sorte qu'il est très difficile d'en donner la description générale. Quelques

banderoles semblaient se croiser, elles n'étaient certainement pas toutes radiales. On les voyait d'une façon certaine jusqu'à environ deux diamètres solaires. Elles étaient distribuées tout autour du Soleil, mais principalement au sommet gauche (45° du sommet) du limbe. Sur le limbe inférieur gauche se trouvait une longue banderole de peu de largeur.

Les protubérances étaient distribuées plus ou moins régulièrement autour du Soleil. Une, principalement, se faisait remarquer dans le quadrant gauche supérieur. Leur couleur était beaucoup moins vive qu'on s'y attendait ; elles étaient simplement de teinte violette ou rosée.

Les bandes d'ombre furent observées sur le pont du navire à la fin de l'éclipse.

En raison de son grand rapprochement de la ligne de totalité, l'île Majorque avait donné asile à de nombreuses missions, dont la plus importante était celle de l'Observatoire de physique solaire de South Kensington. Le temps s'est montré, en général, un peu plus favorable qu'en Espagne. Voici une partie de la relation de Sir N. Lockyer.

« Au moment du premier contact, il y avait très peu de nuages dans la région voisine du Soleil, et nous observâmes ce premier contact dans d'excellentes conditions. Peu à peu, on vit une grande bande de nuages s'élever de l'ouest, et ce fut bientôt une sorte de course de vitesse entre les nuages et le moment du second contact, ou le commencement de la totalité. Le croissant diminuait progressivement à mesure que les nuages devenaient de plus en plus épais devant le Soleil. Les nuages l'emportèrent ! Le moment du second contact ne put être observé ! Nous poursuivions cependant notre programme, bien que nous sachions que nous ne photographions rien. Vénus se montra tout à coup dans l'ouest à travers une éclaircie.

» Il y avait heureusement deux courants d'air différents dans les régions supérieures, l'un venant du sud et l'autre de l'ouest. La rencontre de ces deux courants pouvait

amener la disparition des nuages sur le Soleil, et nous donner pendant quelques instants une vue de la couronne à travers un voile moins épais ; les intervalles de clarté se produisirent vers la fin de la totalité. L'apparition de la lumière du Soleil au bord nord-ouest du Soleil annonça la fin de la totalité, et termina ainsi le travail des instruments et de la grande majorité des divers détachements.

» Nous étions tous très désappointés. Tant de fatigues pour faire de la bonne besogne avec toutes les garanties possibles de réussite, et hélas ! obtenir un si piètre résultat ! Les chambres prismatiques de grand pouvoir dispersif et les réflecteurs prismatiques de grande longueur focale, pour ne rien dire des objectifs à long foyer destinés à fournir des négatifs à trois couleurs, ne pouvaient donner de bons résultats dans un ciel nuageux.

» Pendant les quelques instants libres entre les expositions des différentes photographies dans mon instrument, je vis assez la couronne pour reconnaître quel merveilleux spectacle elle aurait été par un ciel sans nuages. L'un des détails caractéristiques de cette éclipse fut la protubérance rouge extrêmement brillante située dans le quadrant nord-est ; je ne vis rien de semblable lors des éclipses de 1898 ou de 1900. D'après certains observateurs, le paysage fut illuminé par cette belle protubérance et on signale des effets de coucher de soleil.

» La couronne elle-même était du type maximum, les rayons radiant dans toutes les directions même très près des pôles. Au pôle nord il y avait une région montrant les belles fentes que l'on voit surtout dans les éclipses de minimum, mais au pôle sud cette structure caractéristique n'existait pas. Malheureusement, le limbe oriental et le limbe occidental étaient voilés par un nuage plus épais que la région nord et sud au moment où j'avais la possibilité de regarder. Ce fut donc vers les pôles solaires que je vis les plus longs rayons coronaux, et deux dans le

quadrant sud-est s'étendaient au moins à deux diamètres solaires.

» L'éclipse terminée, il n'y avait plus qu'à rassembler les plaques photographiques exposées et à commencer l'emballage des instruments. Le soir, la moitié de l'ouvrage était déjà faite.

» Dans la fraîcheur de la nuit on commença le développement des plaques. On choisit d'abord celles qui avaient chance d'être impressionnées. Pour résumer ce qui a été obtenu, maintenant que la série entière est développée, nous dirons que nous avons été beaucoup plus heureux que nous l'espérions. M. Butler, à l'aide du réflecteur prismatique, obtint une excellente image de la couronne inférieure, le diamètre solaire étant d'environ 21 centimètres.

» M. F. Mc Clean, avec le coronographe de 16 pieds, obtint une belle photographie de la couronne avec des détails excessivement nets et une grande extension.

» Le lieutenant Trench, avec le coronographe De La Rue, fut assez heureux pour prendre trois négatifs qui seront très utiles, car ils sont bien au point.

» Malheureusement, les longues expositions exigées pour la chambre à trois couleurs manœuvrée par Lady Lockyer ne donnèrent rien à cause des nuages.

» M. Clift, avec le 3 1/2 pouces de Newton monté équatorialement, a obtenu deux bonnes expositions.

» L'instrument que je devais manœuvrer m'a fourni quatre bons négatifs : l'un montre l'anneau coronal vert plus évident que sur les photographies prises pendant les éclipses de 1898 ou de 1900 et aussi plusieurs autres anneaux distincts.

» Le spectre de la chromosphère inférieure, au commencement et à la fin de la totalité, n'a pas été obtenu.

» M. Howard Payn a eu une bonne image sur deux expositions, et cette image montre le spectre des grandes protubérances et l'anneau vert coronal.

» Les observateurs des bandes d'ombre ont réuni une grande somme d'informations en ce qui concerne leur grandeur, la vitesse et la direction de leur mouvement.

» Les dessinateurs de la couronne donnèrent des résultats très concordants, et les autres groupes fournirent aussi des documents très utiles qui seront publiés plus tard, car les observations n'ont pas encore été comparées.

» Peut-être serons-nous un peu plus savants lors de la prochaine éclipse et pourrons-nous dire en quelles régions il fera beau temps ou mauvais temps sur la trajectoire de l'éclipse. »

La mission des Pères Jésuites, dirigée par le P. Algué de l'Observatoire de Manille, a été plus heureuse. Le ciel se montra très beau et on a pu prendre un grand nombre de dessins et de photographies.

II

LES OBSERVATIONS EN ALGÉRIE, EN TUNISIE ET EN ÉGYPTE

Les astronomes qui avaient déserté la vieille Europe pour gagner le territoire africain ont été bien inspirés. Partout le ciel s'est montré favorable et, de Philippeville à l'Égypte, on a pu accumuler de nombreux documents dont les résultats n'ont pas encore été donnés complètement.

A Philippeville, M. Nordmann a observé le magnétisme et l'électricité atmosphérique. Dans cette ville, où se proposait de s'établir primitivement Sir Lockyer, le temps a été superbe.

M. Piltschikoff a mesuré la quantité de lumière polarisée, à 10 degrés, et dans le vertical du Soleil. Il a montré antérieurement que cette proportion de lumière est constante, quelle que soit l'illumination de l'atmosphère, et que l'on ait affaire au Soleil ou à la Lune. Elle est plus forte pour le bleu que pour le rouge. Pendant

l'éclipse actuelle, au point du ciel ci-dessus, la proportion de lumière polarisée était de 62 pour 100 avant et après l'éclipse, pour le bleu, de 57 à 54,5 pour 100 pour le rouge. Pour le bleu, pendant la totalité, ce chiffre est tombé à zéro, mais il y a incertitude sur ce résultat.

Notons encore les observations météorologiques faites à Constantine par MM. Henry de la Vaulx et J. Joubert, à terre, en ballon monté et en ballon sonde. Au moment de la totalité, la température a subi une baisse de 5° à terre et de 3° à 4° dans les couches supérieures. L'obscurité a été plus grande à 2500 m. qu'à terre même. Le mouvement tournant du vent a été très caractéristique ; non seulement il a été observé à terre, mais encore la trajectoire de la marche suivie par le ballon montre que celui-ci a décrit un arc de cercle de 270°. Aussitôt après l'éclipse, le vent est revenu à sa direction initiale.

A El Arrouch, la mission de M. Andoyer de Paris a pu prendre 11 clichés pendant l'éclipse à l'aide d'un objectif photographique de 140^{mm} d'ouverture.

A Souk Ahras nous trouvons une mission allemande avec le professeur Scharr, directeur de l'Observatoire de Hambourg, qui avait amené une lunette photographique dont le tube, non démontable, de 20 mètres de longueur présenta les plus grandes difficultés de transport. On obtint des photographies du Soleil de 18 centimètres de diamètre pour la couronne intérieure. La mission recherchait en même temps, au moyen d'instruments mieux appropriés, l'extension coronale et les planètes intramercurielles. La discussion des observations n'est pas encore terminée.

A Guelma s'étaient établies plusieurs missions assez importantes, sous la direction de M. Trépied (mission française), du professeur Schwarzschild (mission allemande) et de M. Dinwiddie (mission américaine).

M. Trépied a obtenu sur ses photographies en dehors de l'éclipse, le disque lunaire visible sur la couronne.

A Sfax, des quatre missions établies aucune n'a encore donné des résultats définitifs.

La première mission dirigée par Sir Christie, astronome royal, se proposait, en outre des études spectroscopiques, de faire des photographies à grande échelle. Qu'a-t-elle obtenu? Mieux, pensons-nous, que ne le feraient croire ces dépêches rédigées à la hâte après le phénomène.

« Bien que le ciel fût partiellement nuageux, l'éclipse a été très bien observée et photographiée. La couronne vue à Sfax, était du type *maximum* caractéristique, avec des banderoles s'étendant au moins à *deux diamètres* du disque et de couleur rosée ».

« Le jour de l'éclipse fut de beaucoup le plus mauvais de notre séjour à Sfax, dit Sir Christie. Les nuages diminuèrent un peu dans la matinée, mais il resta un voile brumeux sur le Soleil qui fut renforcé, à mesure que le temps avançait, par la lumière des nuages détachés couvrant le nord-ouest.

» Le Soleil ne fut jamais caché plus de quelques secondes, mais c'était suffisant pour compromettre le travail des grosses lunettes. A mesure que la lune cachait le Soleil, la température qui était de 32°,2 descendit à 28°,9.

» Le nombre des observateurs s'accrut de quelques officiers et marins du *Suffolk*, qui devaient surveiller les phénomènes secondaires, compter les secondes au métronome, etc.

» La lumière devint étrange et on aperçut les bandes d'ombre dansant sur le sol et les murailles. Vénus brillait et peu après, Arcturus. Sir William Christie observait la diminution graduelle du disque du Soleil sur la glace de la chambre Thompson et, 20 secondes avant la disparition du disque, cria le « Stand by ». Tout était prêt.

» Alors se produisit un intervalle beaucoup plus long jusqu'à la totalité et que l'on ne pouvait s'expliquer sur le moment, mais que l'on comprit plus tard. Il ne semble pas

qu'il y ait eu un commencement bien défini pour l'éclipse. Le croissant ne disparut jamais totalement, ou plutôt il se changea en un magnifique groupe de protubérances distribuées sur un arc d'environ 30 degrés, près de l'endroit où l'on avait vu la disparition du disque vrai du Soleil. Elles devaient avoir une hauteur immense, et il s'écoula au moins 30 secondes avant qu'elles fussent cachées par la lune qui s'avançait.

» En même temps et graduellement aussi émergea la couronne. Les observateurs qui avaient déjà vu d'autres éclipses ont dit que c'était une *pauvre* couronne. Pour les autres, il n'en était pas de même.

» A la place du croissant du Soleil, un disque noir comme de l'encre se projetait sur le ciel avec une paire d'immenses protubérances roses à l'est de son sommet, et de toutes les parties de la circonférence, des rayons et des banderoles de substances pâles, mais définies, réparties avec l'irrégularité la plus grande, brillaient autour du bord du disque, et se perdaient pour l'œil à deux diamètres de distance. La plupart des observateurs virent une teinte rosée dans cette couronne. Pour d'autres, elle avait la teinte de l'argent pur ou du gris d'aluminium. Elle était très certainement du type associé au *maximum* des taches. Beaucoup d'étoiles furent visibles, bien que le ciel ne fût jamais très noir. Les 200 secondes passèrent trop vite, et avec un éclat surprenant le disque du Soleil commença à réapparaître. Il ne restait plus qu'à grouper les résultats et à déterminer à quel point le commencement indéfini avait nui au programme. La plupart des observateurs ont pris avec succès sept photographies sur huit. Jusqu'à quel point le brouillard et la lumière diffuse du ciel ont-ils affecté ces photographies, c'est ce que l'on ne sait pas encore. »

La mission italienne dirigée par le docteur Zona n'a pas non plus donné signe de vie depuis le 30 août. Néanmoins le docteur Zona a proposé une explication

assez ingénieuse des bandes d'ombre. Ces bandes auraient, d'après lui, une origine purement atmosphérique.

Il a observé que les rayons de lumière, dirigés par un projecteur de navire de guerre sur une muraille à plusieurs kilomètres du navire, montrent exactement la même sorte de bandes lumineuses et sombres visibles à Sfax pendant la récente éclipse solaire.

Il avait aussi remarqué que la lumière de Vénus, projetée à travers une petite fenêtre sur la muraille opposée de la chambre où il était assis, montrait le même aspect.

Le docteur Zona suppose que les vibrations atmosphériques, causant l'agitation du limbe solaire observé directement, sont la seule et véritable cause des bandes oscillantes vues pendant les éclipses totales.

La troisième mission établie à Sfax était celle de M. Bigourdan, astronome de l'Observatoire de Paris, accompagné de MM. Dehalu et Gorissen, astronomes belges et de M. Eysséric. Les grains de Baily ont été aperçus très nettement. Le principal instrument de la mission était une lunette horizontale de 10 mètres de distance focale et 20 centimètres d'ouverture avec miroir monté en cœlostat. Cette lunette, ainsi que le châssis photographique, contenant la provision de plaques, était, paraît-il, montée pour la première fois et n'avait pas encore été essayée. Il ne faut donc pas s'étonner du fait qui arriva au moment de l'éclipse. La nervosité des opérateurs est toujours à craindre dans ces difficiles occasions, et l'on se trouve bien de faire de nombreuses répétitions avant l'événement si l'on veut écarter toutes chances d'insuccès. Après deux poses, le châssis magasin ne voulut plus fonctionner et c'est grand dommage, car les deux clichés obtenus donnent beaucoup de détails de la couronne intérieure. Chaque plaque porte en outre une échelle d'intensité qui permettra d'évaluer d'une façon précise l'éclat relatif photogénique des diverses régions coronales. L'échelle a été obtenue en exposant à une

lumière d'intensité connue et avec des poses croissantes une série de petits carrés au bord de chaque plaque.

La même mission a fait aussi un essai de photographie monochromatique, en posant à l'aide d'un écran vert qui ne laissait passer que les rayons voisins de λ 530. Le cliché a montré une étendue coronale s'étendant à 30' seulement du bord lunaire, soit environ une fois seulement le diamètre du Soleil ; mais, tel qu'il est, ce cliché nous semble à peu près inutilisable en raison de deux images secondaires produites par une double réflexion intérieure qu'on n'avait pas aperçue.

Le programme spectrographique a pu être complètement rempli à l'aide de deux spectrographes à fente, chacun à deux prismes et produisant une déviation de 90°.

Le collecteur de lumière avait $0^m,80$ environ de foyer et $0^m,15$ d'ouverture. Les fentes étaient assez longues pour déborder considérablement le Soleil de chaque côté, de manière à obtenir la composition de la lumière coronale sur quatre points, correspondant à peu près à l'équateur et à l'axe du Soleil.

On avait ajouté diverses expériences de photométrie oculaire et photographique dont nous ne connaissons pas encore les résultats.

La mission Bigourdan avait, en outre, installé une station magnétique avec les trois instruments enregistreurs ordinaires : déclinomètre, balance et bifilaire. Les observations, organisées par M. Dehalu, n'ont montré de trouble magnétique notable que la veille de l'éclipse. Pour se prononcer définitivement sur l'influence de l'éclipse, il est nécessaire de comparer les courbes du 30 août à celles obtenues avant et après ; mais, dès maintenant, on peut dire que, à Sfax, cette influence a été au moins très faible.

La quatrième mission était celle de l'auteur de cet article (mission Moreux du Bureau des Longitudes).

Notre programme comportait un nombre assez restreint

de recherches qui peuvent être énumérées dans l'ordre suivant :

1° Détermination de l'heure des contacts au moyen d'un chronographe enregistreur spécialement construit à cet effet ;

2° Dessin de l'éclipse à l'œil nu.

Ces deux parties du programme m'étaient réservées et, bien que je les aie remplies avec toute la satisfaction désirable, je dois avouer que l'exemple n'est pas bon à imiter et que je ne les recommencerais pas volontiers, une seule occupation étant largement suffisante pour employer les moments précieux d'une éclipse.

3° Détermination de l'extension coronale au moyen d'objectifs à grande luminosité, et recherche (?) d'une planète intra-mercurielle. Ce travail avait été confié à M. l'abbé Marchand, mon secrétaire, ainsi qu'à M. Maquaire, directeur de la fabrique Pillivuyt, à Mehun, et attaché comme photographe à la mission.

4° Recherche des variations électriques de l'atmosphère pendant la totalité. Cette partie très délicate avait été réservée à M. Salles, physicien attaché au laboratoire du Collège de France.

Le cinquième membre de la mission, M. Baudon, avait été bénévolement prêté à la mission Bigourdan.

La détermination des contacts, surtout celle du premier, est une chose plutôt difficile, et je compris, le 30 août dernier, combien je devais me féliciter d'avoir fait mes premières armes en Espagne, dans la belle oasis d'Elche, alors que j'observais l'éclipse aux côtés de M. Flammarion et du comte de la Baume-Pluvinel.

L'appréciation de l'heure devient un problème insurmontable, même avec un bon chronomètre réglé, et sa solution complètement illusoire, lorsqu'on a la prétention d'avoir le dixième de seconde. Un chronographe enregistreur devient donc absolument indispensable.

Je m'étais entendu depuis longtemps avec mon ami

M. Paul Ditisheim, le constructeur qui a créé l'année dernière l'horloge la plus parfaite sortie des mains de l'homme, pour lui faire exécuter un chronographe enregistreur assez portatif et facilement maniable (fig. 1). M. Ditisheim était en mesure de me livrer, dès les premiers jours du mois d'août, un chronomètre enregistrant

Fig. 1. — Chronographe enregistreur de M. Paul Ditisheim.

l'heure au centième de seconde sur une bande de papier se déroulant très régulièrement et à la façon d'une bande de télégraphe Morse. C'était plus qu'il n'en fallait.

Je suis au dernier regret de ne pouvoir, même aujourd'hui, donner à mes lecteurs tous les résultats obtenus à l'aide de ce remarquable instrument, les corrections de l'heure faites à Sfax par M. Bigourdan n'étant pas encore prêtes.

Mais j'ai pu toutefois apprécier la durée de l'éclipse et les nombres obtenus sont très intéressants, comparés à ceux de la durée calculée.

MM. Todd et Baker, dans POPULAR ASTRONOMY (mai 1905) avaient donné pour Sfax : grandeur de l'éclipse : 1,020, durée : $3^m28^s,3$; tandis que l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES avait donné 1,021 et une durée de 3^m21^s ou $3^m,4$. Cette même durée avait été calculée par M. Landerer qui avait trouvé le nombre de 3^m26^s. Le chronographe enregistreur a indiqué une durée totale de $3^m23^s,2$, chiffre assez voisin de celui qui a été déduit de la CONNAISSANCE DES TEMPS.

Ces erreurs très petites se font cependant sentir dans le tracé de la limite de l'éclipse. Ainsi Sousse et Gabès, qui étaient à la limite septentrionale et méridionale de la zone de totalité, n'ont pas eu l'éclipse totale, comme j'ai pu m'en assurer par le témoignage d'observateurs envoyés dans ces deux villes. Il est vrai qu'à Gabès, d'après M. Landerer, la grandeur de l'éclipse devait être de 0,999.

Nous avons donc encore besoin de remanier les chiffres d'après lesquels nous calculons les éléments des éclipses, bien que nous ayons atteint sous ce rapport une assez grande exactitude. L'important est d'admettre un diamètre lunaire exact.

Pendant tout le temps qu'a duré l'éclipse partielle, j'ai suivi avec des grossissements différents l'envahissement du disque solaire ; les montagnes de la lune se découpaient très nettes sur la photosphère et, au moment précis où le bord lunaire atteignait une tache solaire, je n'ai rien remarqué d'anormal, en tout cas rien qui indiquât la présence d'une atmosphère à la surface de notre satellite.

Au moment du second contact, le phénomène connu sous le nom de grains de Baily apparut très nettement ; occupé comme je l'étais à surveiller le moment précis du contact, je n'ai pu prendre un dessin exact du phénomène.

Les premiers rayons de la couronne ont été vus

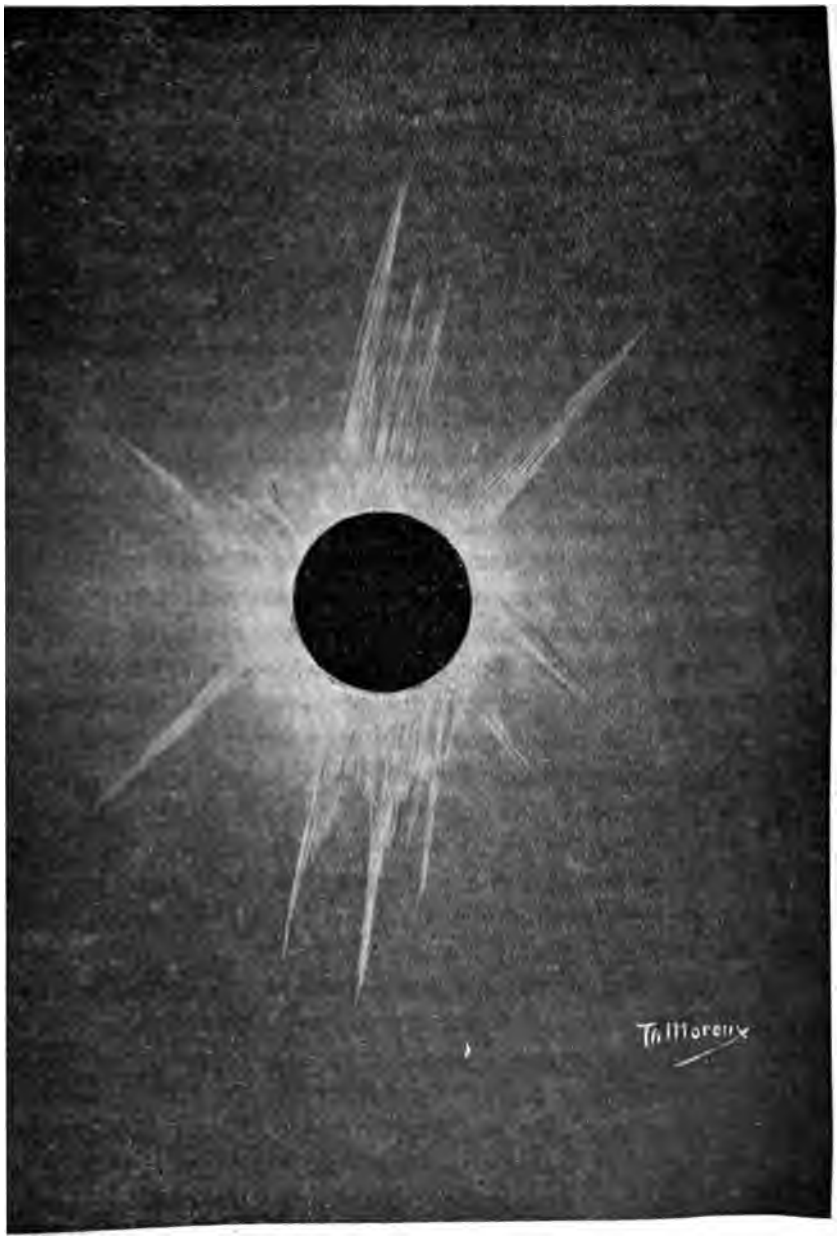


Fig. 2. — La couronne solaire. Éclipse du 30 août 1905
(Dessin pris à Sfax, par l'abbé Moreux).

sûrement cinq secondes avant la totalité, à l'ouest du Soleil, et huit secondes après la fin. La totalité est enfin commencée. Mes collaborateurs ont eu une petite désillusion ; ils s'attendaient en général à une couronne plus étendue. Le spectacle fut cependant d'une idéale beauté (fig. 2).

La chromosphère entourant le Soleil était d'un rouge violacé resplendissant ; de belles protubérances s'élevaient çà et là comme des panaches de fumée tranquille. Deux d'entre elles étaient nettement antipodales, fait qui a été souvent signalé. Deux autres présentaient dans leur moitié supérieure une coloration argentée, ce qui n'a pas été observé, que je sache, depuis l'éclipse de 1885. Au delà de la chromosphère, la couronne intérieure était puissamment lumineuse, teintée non pas en vert comme on l'a souvent constaté, mais en bleu pâle, avec, sur ses bords, des rayons dorés d'une teinte chaude rappelant l'or rouge. Les jets coronaux à l'œil nu me parurent très droits et cessaient d'être visibles à un diamètre et demi du Soleil.

Dans la partie supérieure apparaissait un rayon massif très lumineux à sa base, dirigé à peu près tangentiellement au bord solaire ; il était accompagné de deux autres rayons plus petits, moins lumineux et parallèles à la direction du premier. Sur la droite, après l'amorce d'un premier jet, en partait un second très important et dirigé à peu près normalement. Un peu plus bas s'échappait un troisième rayon tangent, moins long et plus difficile à distinguer.

Dans la partie inférieure, l'œil pouvait saisir six jets coronaux dont trois facilement visibles : c'était l'amorce de rayons courbes et beaucoup plus longs, ainsi que nous le verrons sur les photographies. A l'est enfin, apparaissaient noyés dans une forte lumière deux rayons faisant entre eux un angle droit et dont l'intervalle lumineux était comblé par une matière blanche se dégradant insensiblement sur le fond du ciel.

L'aspect du paysage était fort caractéristique. La colo-

ration dominante était d'une teinte neutre telle qu'on l'obtiendrait en mélangeant du jaune et du vert pâle avec de la terre d'ombre.

L'obscurité n'a été complète à aucun moment de la totalité, puisque j'ai pu lire mon chronomètre à $1^m,50$ de distance sans aucune difficulté. On eût dit un crépuscule bizarre où les ombres des objets avaient presque disparu et où toutes choses revêtaient une teinte à peu près uniforme. L'obscurité moins grande qu'en 1900 s'explique assez facilement par deux raisons. La première, c'est que la couronne était réellement plus lumineuse, bien que moins étendue ; la seconde provenait d'une hauteur plus grande du Soleil au-dessus de l'horizon. L'éclipse s'est produite à Sfax à $2^h\ 25^m$, alors qu'en 1900, en Espagne, le phénomène eut lieu après 4 heures du soir.

C'était avec une certaine appréhension que j'avais abordé l'étude de l'extension coronale au moyen d'objectifs à grande luminosité. Comme l'expérience était nouvelle, je crois, je n'avais aucune raison de réussir, d'autant que mes objectifs d'ouverture *f*: 4,3 étaient composés de 4 lentilles, fait qui a toujours été considéré comme très défavorable, en raison des multiples réflexions. Il ne coûtait cependant que d'essayer. Les résultats ont dépassé notre attente. Non seulement nous avons obtenu une très belle couronne, dont certains rayons atteignent *quatre fois* le diamètre du Soleil, mais l'extension de la couronne extérieure y est très marquée (fig. 3).

Nos clichés, excessivement nets, perdent beaucoup à l'agrandissement et plus encore à la reproduction. La gravure ne donne que les principaux rayons. Ceux-ci s'étendent beaucoup plus loin qu'on pouvait les voir à l'œil nu et la conclusion à en tirer est que désormais, pour les éclipses, la photographie avec objectifs très lumineux s'impose. Quant à la couronne extérieure, nos plaques donnent une extension, en forme d'ellipsoïde plus ou moins déformé, tout autour du Soleil.

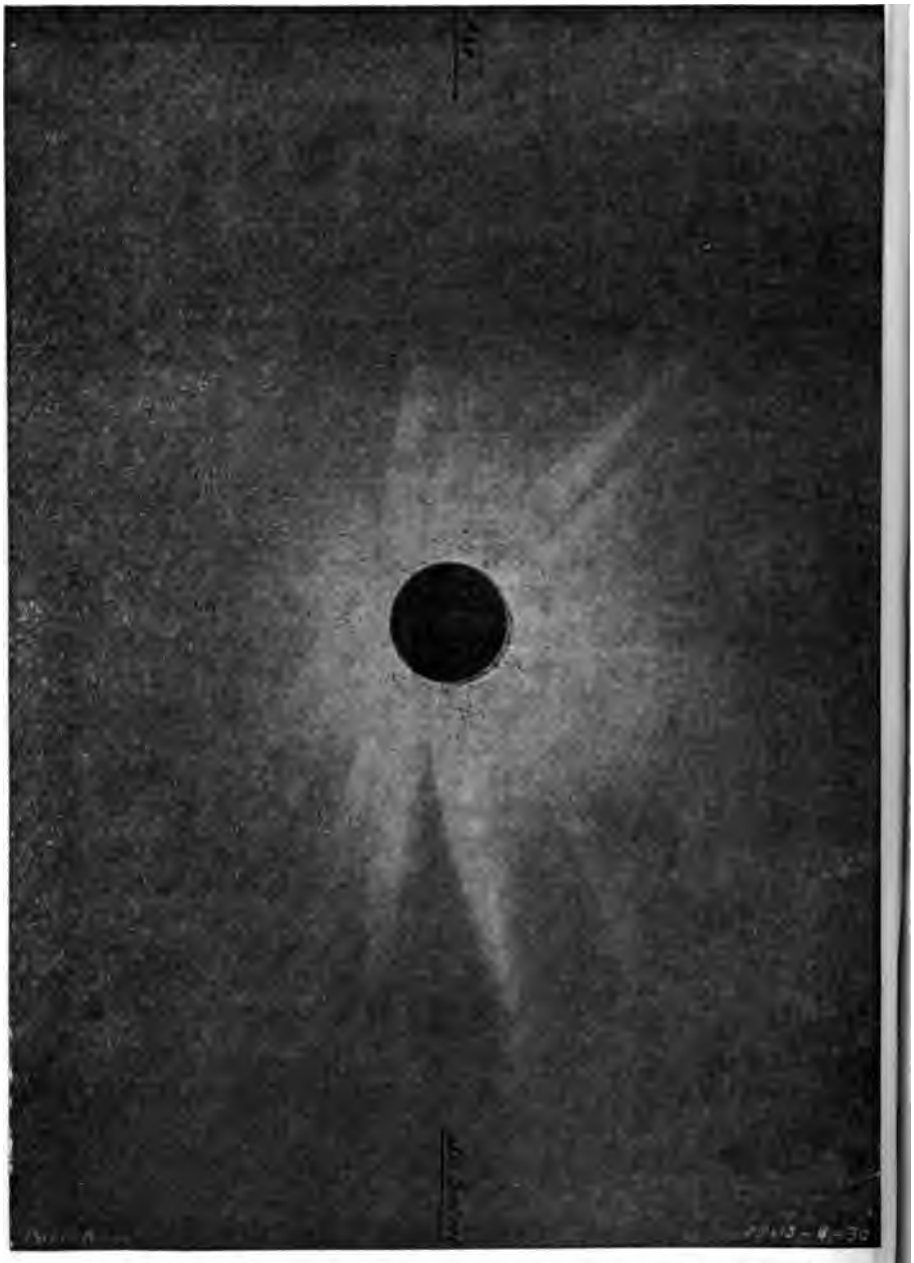


Fig. 3. — L'Éclipse solaire du 30 août 1905. Mission Moreux à Sfax.
Agrandissement d'une photographie prise avec un objectif Moreux de grande luminosité.
Pose : 8 secondes.

Le grand axe du côté ouest s'étend à près de 14 fois le diamètre de la Lune, soit 7°32′ exactement. A l'est, la limite ne dépasse pas dix fois, soit 5°35′. Au nord et au

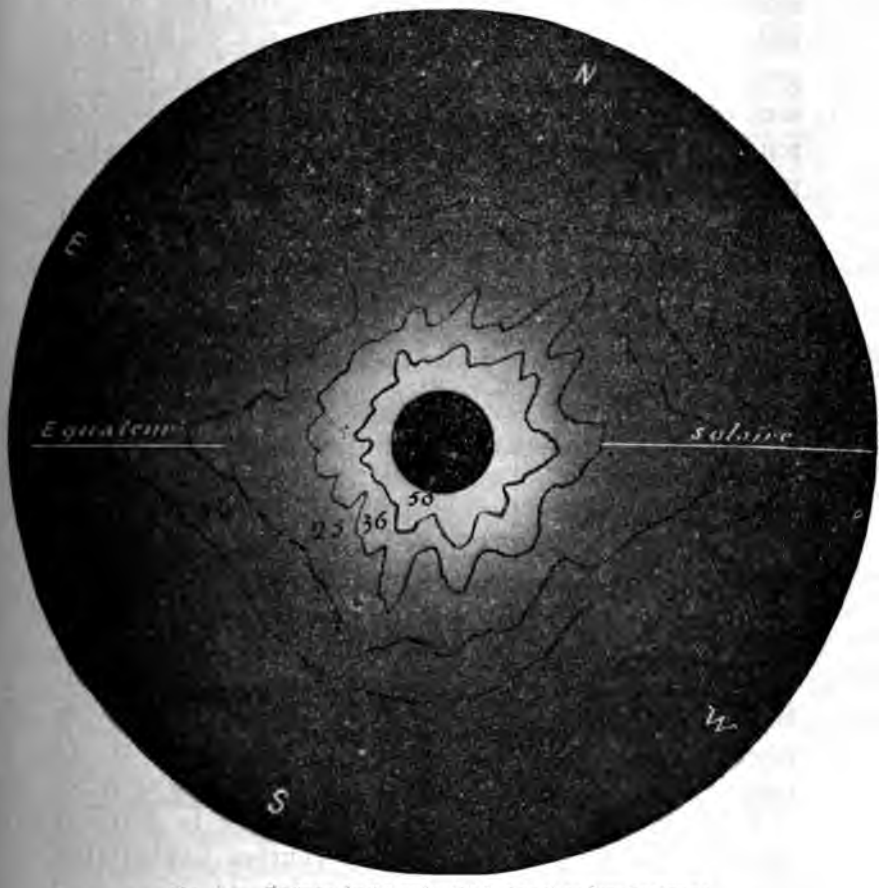


Fig. 4. — Éclipse du 30 août 1905. Courbes isophotiques de la couronne intérieure (Cliché de la mission Moreux, à Sfax).

sud, la largeur est beaucoup moindre, 4°28′ au nord et 3°21′ dans la partie opposée.

En résumé, le Soleil n'occupe pas le centre de l'ellipsoïde dont le grand axe mesure 13°,5 et le petit axe environ 8°. Il n'est pas du cadre de cet article de faire

ressortir les conclusions qu'impose cette constatation : elles seront très intéressantes pour la physique solaire.

L'existence de la couronne extérieure, très développée même aux périodes de maximum d'activité, peut désormais être considérée comme un fait acquis. Sa direction générale est celle de l'équateur solaire ; il serait intéressant de savoir si elle coïncide avec l'axe de la lumière zodiacale dont elle me paraît faire partie, et qui est elle-même plus ou moins excentrée par rapport au Soleil.

J'ai développé, dans mon livre *Le Problème solaire*, la façon dont la lumière zodiacale peut donner lieu aux différentes formes d'activité solaire. Mes idées depuis 1900 ont très peu changé à ce sujet, et j'avoue que c'était en grande partie pour confirmer mes hypothèses que j'avais résolu de rechercher l'extension coronale lors de la dernière éclipse.

Au point de vue de l'intensité lumineuse, les mesures faites sur les clichés ont montré que l'éclairement diminue à peu près en raison inverse du carré de la distance. Cette loi qu'on peut regarder comme très approchée pour la couronne intérieure (fig. 4), semble totalement en défaut à partir de la quatrième zone sur le dessin, surtout dans les régions équatoriales et polaires. Ceci provient vraisemblablement des jets coronaux formés de poussières repoussées par la lumière solaire, et qui sont distribués inégalement dans l'espace suivant les périodes d'activité

En prenant comme unité l'intensité de la dernière courbe extérieure, on voit que les courbes isophotiques (fig. 5) — c'est-à-dire de même luminosité — ne sont pas échelonnées régulièrement jusqu'à la chromosphère, dont l'intensité est représentée par 55 à peu près.

Toutes les plaques qui m'ont servi pour les photographies de la couronne sont des plaques anti-halo de l'usine Saint-Clair de Bordeaux, dont je me sers habituellement. Celles employées pour l'éclipse avaient été mises à ma disposition par M. F. Saint-Clair, que je suis heureux de remercier.

J'avais aussi essayé de photographier la couronne avant et après l'éclipse, mais les plaques lentes Lumière, que j'ai employées avec des poses très courtes, n'ont rien donné d'intéressant. Cet essai n'est donc pas à recommencer dans une semblable occasion.

Les recherches des variations du champ électrique de l'atmosphère avaient été confiées, ainsi que je l'ai dit, à M. Salles, physicien au Collège de France et attaché à

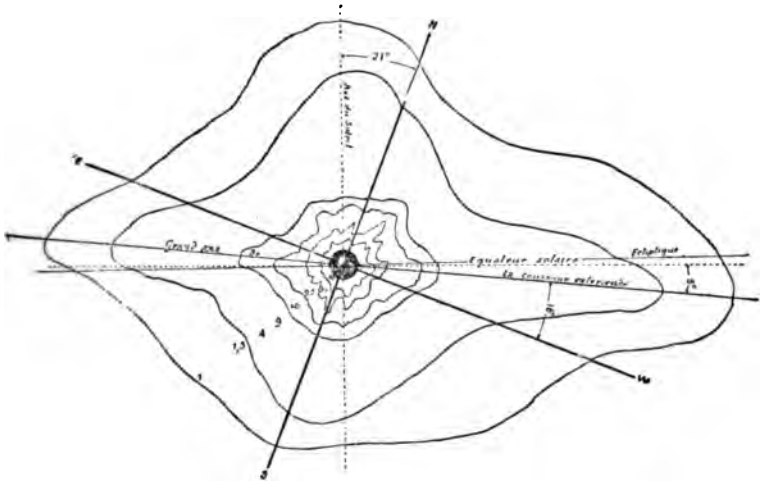


Fig. 5. — Courbes isophotiques des couronnes intérieure et extérieure le 30 août 1905, d'après les clichés pris par la mission Moreux, à Sfax.

ma mission. Les appareils employés consistaient en un collecteur au radium et un électromètre d'Exner du type courant. Cet électromètre avait été étalonné au départ à l'aide d'une batterie de petits accumulateurs. Le collecteur avait été étudié par comparaison avec ceux qu'emploie M. Th. Moureaux, le directeur de l'Observatoire du parc St-Maur. Le collecteur, fixé à l'extrémité d'un petit mât de $2^m,40$ environ, était placé bien à découvert dans un des angles de la cour de l'école des garçons à Sfax.

Afin d'obtenir des résultats appréciables et comparables entre eux, M. Salles commença ses observations une

dizaine de jours avant l'éclipse. Ces mesures quotidiennes s'étendaient de midi et demi à 5 heures du soir ; elles ont montré assez nettement un accroissement du champ vers midi ; puis la courbe descendait entre 4 et 5 heures du soir.

En général, il soufflait à Sfax un vent du nord-nord-est et, chaque fois que le vent se faisait sentir, les déviations de l'électromètre étaient troublées. Par temps calme, la feuille de l'électromètre donnait des indications s'écartant peu l'une de l'autre.

Malheureusement, le jour de l'éclipse, par suite de l'action du vent, la feuille de l'électromètre était dans un perpétuel état d'agitation ; néanmoins, pendant la totalité, on put observer un abaissement sensible du champ. Toutefois, au cours de cette phase très courte, le potentiel passa brusquement de 85 volts à 125 volts pour retomber ensuite à 85 volts. Le minimum observé pendant la totalité a été de 50 volts. Immédiatement après le troisième contact, l'électromètre remonta à 150 volts, puis retomba aussitôt à 50 volts et finalement remonta vers des valeurs comparables à celles qui précédèrent la totalité.

Ce qui est très remarquable, c'est que, malgré le minimum constaté pendant la totalité, cette chute n'a été ni précédée d'un abaissement graduel du potentiel, ni suivie d'un accroissement en correspondance avec la marche de l'éclipse. Elster et Geitel avaient autrefois constaté une diminution suivie d'une augmentation pendant l'éclipse de 1887, bien que le temps eût été couvert, et Ludwig, pendant l'éclipse de 1898, avait observé une diminution du champ, dix minutes avant la totalité ; cette diminution avait atteint un minimum cinq minutes après l'occultation, puis le champ était resté constant pendant vingt minutes pour remonter ensuite. Étant donnée l'absence de netteté des observations, M. Salles n'a pas cru devoir continuer ce qu'il se proposait de faire, c'est-à-dire d'encadrer les observations entre deux séries. Des expériences en cours permettront de décider s'il faut incriminer le collecteur au

radium ou s'il n'y a eu là qu'une action perturbatrice du vent apportant des charges.

A Sfax, les ombres volantes ont été vues par beaucoup d'observateurs ; l'un de mes collaborateurs, M. Baudon, les a décrites comme des sinusoïdes sombres de deux ou trois centimètres d'épaisseur et paraissant avancer comme un homme marchant au pas.

Quelques observateurs se sont inquiétés de vérifier diverses assertions relatives aux plantes et aux animaux. Nous avons reçu à ce sujet les observations les plus contradictoires. A Maknassy, M. Bursault, directeur des mines de Gafsa, écrivait : Les coqs se sont mis à chanter à 1 h. 35 ; au moment de la totalité, les moineaux sont venus en masse se coucher dans les arbres ; les grillons, qui ne se font entendre que la nuit, se sont mis à chanter. Les acacias et les mimosas ont fermé leurs feuilles ; toutefois des pourpiers en fleurs et des belles-de-nuit n'ont pas paru impressionnés. A Kairouan, on a constaté que les pigeons sont rentrés au colombier.

A Sousse, le commandant Lefranc, qui observait au moment de la phase maximum et alors que les rayons coronaux étaient faiblement visibles, car il n'y a pas eu de totalité, m'a affirmé que les animaux n'ont pas paru impressionnés. Deux chiens se livrant à un combat acharné dans la rue, ont continué leur lutte malgré l'obscurcissement du ciel ; des chats allongés sur une terrasse, ne se sont pas aperçus du phénomène ; mais, par contre, de nombreuses chauves-souris sont sorties de leurs repaires et ont voleté pendant plusieurs minutes.

Bien que les Arabes eussent été avertis partout par des circulaires écrites dans leur langue, la plupart d'entre eux n'ont cru au phénomène annoncé qu'au moment de l'éclipse, et tous ceux des campagnes ont manifesté une grande frayeur. Les femmes sont restées enfermées dans leurs *gourbis*, priant Allah et Mahomet de les épargner.

A Sfax, la colonie maltaise était peu rassurée, et, dès

le matin, beaucoup de femmes entouraient leur taille d'un chapelet à la manière d'une ceinture. Beaucoup d'entre elles croyaient leur dernière heure arrivée, et M. le Curé a dû passer bon nombre d'heures au confessionnal. La présence de deux ecclésiastiques venus de France pour étudier le phénomène (M. l'abbé Marchand et moi) leur donnait cependant quelque espoir, et, malgré leurs appréhensions, personne à Sfax n'est mort de frayeur.

A Tripoli, le temps fut aussi beau que possible. L'expédition américaine de Amherst College, ayant à sa tête le Prof. Todd, a pu recueillir une ample moisson de documents. Un coronographe automatique put prendre jusqu'à 250 photographies de la couronne. On aperçut les bandes d'ombre au moins dix minutes avant la totalité, mais avec de nombreuses et remarquables particularités. Elles étaient onduleuses et étroites, se mouvant plus rapidement qu'un homme au pas, à angle droit avec le vent, atteignant un maximum puis s'évanouissant cinq fois pendant les huit minutes précédant la totalité.

La durée de l'éclipse, qui devait être de $3^m 9^s$, fut inférieure de 3 secondes à ce chiffre calculé.

Là aussi s'étaient réunies les missions de M. Libert, de M. Palazzo, directeur du Bureau central météorologique italien et celle du Prof. Milloséwitch de Rome.

En Égypte, l'éclipse fut observée avec succès par M. Reynolds, qui employait son réflecteur de 120 pieds, et par la mission américaine établie à Assuan. C'était la troisième expédition de l'Observatoire Lick, qui avait assuré toutes les chances de visibilité, en envoyant des missions aux deux extrémités de la bande de totalité. On disposait pour cela d'instruments semblables avec un programme identique. Il y avait en effet intérêt à prendre des photographies à deux heures et demie d'intervalle, afin de se rendre compte du changement problématique de la couronne. On sait l'insuccès de l'expédition du Labrador qui rendit inutiles ces dispositions. La couronne

apparut, comme en Tunisie, relativement peu étendue, avec sa plus longue banderole au sud-est d'environ deux diamètres de longueur, et trois autres plus courtes dans la partie supérieure. Les résultats des photographies ne sont pas encore publiés.

En somme, jusqu'à présent, on chercherait en vain le fait bien nouveau ; il faut attendre encore quelques mois. Les expériences de polarisation n'ont rien appris que nous ne sachions déjà. Tout au plus pourrait-on porter à l'actif de la nouvelle éclipse l'observation de l'anneau du coronium distingué sur tout le pourtour du disque solaire ; les clichés diront ce qu'il faut penser des autres raies caractéristiques encore inconnues ; à noter aussi la grande extension coronale extérieure, découverte par notre mission à Sfax, qui semble montrer un nouveau mode d'opération à tenter dans toutes les éclipses.

Une ample provision de plaques qu'on posera au foyer d'objectifs très lumineux, sera désormais tout indiquée pour les recherches de ce genre. Du haut de sommets très élevés, nos objectifs auraient probablement donné une extension coronale beaucoup plus forte, indiquant une étroite parenté entre la lumière zodiacale et la couronne.

La photographie trichrome, essayée pour la première fois par différentes missions, ne donna aucun résultat en raison des conditions atmosphériques pitoyables où se sont faits les essais. Mais il n'y a pas là matière à découragement, chaque éclipse nous révélant de nouveaux travaux à entreprendre et nous laissant un legs de doutes sans cesse soulevés et sans cesse écartés.

A l'heure actuelle, il serait puéril de nier que la couronne constitue pour l'astronome un phénomène très embarrassant et d'autant plus inexplicable que nos méthodes modernes d'investigation nous le font mieux connaître.

Décembre 1905, Bourges, Observatoire.

L'Abbé TH. MOREUX.

BIBLIOGRAPHIE

I

COURS D'ANALYSE MATHÉMATIQUE, par ED. GOURSAT, professeur à la Faculté des Sciences de Paris. Tome II. Un vol. in-8° de 640 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

En rendant compte dans cette REVUE (1) du tome I de cet ouvrage, nous avons insisté sur ses éminentes qualités, au premier rang desquelles il convient de placer une extrême clarté unie à une impeccable rigueur. Nous n'avons donc pas à y revenir ici, nous contentant d'indiquer rapidement la matière de ce second volume, plus important d'ailleurs que le premier.

Ce volume s'ouvre, avec le Chapitre XIII, par une étude des *Fonctions élémentaires d'une variable complexe*, comprenant les principes fondamentaux relatifs aux fonctions monogènes, l'étude des transcendantes élémentaires définies par des séries entières à termes imaginaires, les notions essentielles relatives à la représentation conforme d'une part, aux produits infinis de l'autre, toutes matières aujourd'hui bien classiques, mais propres, précisément en raison de cela, à mettre en valeur les procédés personnels d'exposition et de démonstration de l'auteur. Notons en particulier que les propriétés des produits infinis sont établies directement, sans le secours des logarithmes.

Le Chapitre XIV, relatif à la *Théorie générale des fonctions analytiques, d'après Cauchy*, peut être caractérisé par cette remarque que l'auteur y a suivi l'ordre historique d'aussi près que le permettent les nécessités de l'enseignement. Il débute par les généralités concernant les intégrales prises entre des limites

(1) Janvier 1903, p. 266.

aginaires. M. Goursat y donne du théorème de Cauchy la monstration qui lui est personnelle et qui suppose simplement, mme on sait, l'existence de la dérivée et non la continuité de tte dérivée.

La formule fondamentale donnant la valeur d'une fonction lomorphe en un point d'une aire fermée par un contour, quand ı connaît ses valeurs sur ce contour, est aisément déduite de là. auteur en fait immédiatement l'application aux séries de Taylor de Laurent, à celles plus générales de MM. Appell et Painvé, procédant les unes suivant des fractions rationnelles, les ıtres suivant des polynomes, et aussi aux séries de fonctions lomorphes. Enfin sont données les généralités sur les fonctions éromorphes, notamment ce qui se rapporte à leurs points siniliers essentiels. Suivent des applications nombreuses et bien ıoisies, parmi lesquelles nous signalerons une démonstration ouvelle de la formule de M. Jensen. Le Chapitre se termine par étude des périodes des intégrales définies ; l'irréductibilité des ériodes de l'intégrale elliptique de première espèce y est étaie d'une façon particulièrement élégante.

De même que le nom de Cauchy a pu être inscrit en tête du récédent, c'est celui de Weierstrass qui domine le Chapitre XV, onsacré aux *Fonctions uniformes*, et qui s'ouvre par la théorie es facteurs primaires et le célèbre théorème de M. Mittagffler. L'auteur a d'ailleurs soin de ne pas omettre la méthode lus ancienne de Cauchy, fondée sur la théorie des résidus, et ui permet le développement d'une fonction méromorphe en ne série à termes rationnels ; il en fait l'application aux foncons $\cos x$ et $\sin x$. Mais l'application capitale de cette théorie énérale des fonctions uniformes est celle qu'en développe l'auur aux fonctions elliptiques, en faisant usage des fonctions ndamentales introduites par Weierstrass. Notons, à titre de étail, l'heureuse modification apportée par M. Goursat à la émonstration du théorème de Jacobi sur l'impossibilité d'une nction uniforme à trois périodes. Mais c'est particulièrement l'occasion du problème de l'inversion qu'il convient de louer exposé personnel de l'auteur qui nous semble, en cette délicate uestion, avoir su mettre le résultat à l'abri de toute objection. n peut de même lui faire honneur de l'excellente méthode par quelle sont obtenues les formules générales d'inversion dans cas d'un polynome du quatrième degré.

La théorie si importante du *Prolongement analytique* a été iservée pour le Chapitre XVI, l'auteur ayant manifestement

tenu à la faire ressortir comme une conséquence naturelle des idées de Cauchy. On sait d'ailleurs que, de son côté, M. Lindelöf a fait remarquer, dans son *Calcul des résidus* (1), que le principe fondamental du prolongement analytique a d'abord été énoncé par Cauchy.

Cette théorie entraîne l'étude des notions d'espace lacunaire et de coupure essentielle, que l'auteur introduit par une méthode qui lui est aussi personnelle. Il rattache avec beaucoup d'élégance au théorème général de Cauchy un théorème d'Hermite sur les fonctions affectées de coupures, définies par une intégrale dépendant d'un paramètre.

Les *Fonctions analytiques de plusieurs variables* font l'objet du Chapitre XVII. A la vérité, l'auteur se borne au cas de deux variables, mais ses démonstrations peuvent être immédiatement étendues au cas d'un nombre quelconque de variables.

Les généralités par lesquelles débute ce chapitre sont traitées avec ce souci de complète rigueur qui n'abandonne jamais l'auteur et qui l'a conduit notamment à insister largement sur deux questions essentielles, qu'on n'est pas habitué à voir toujours traiter avec un tel soin : les cercles de convergence associés et la définition des intégrales doubles. Comme appartenant plus particulièrement en propre à M. Goursat, on peut citer la démonstration de la formule de différenciation sous le signe intégral, ainsi que la définition de $\Gamma(z)$ pour les valeurs de z dont la partie réelle est négative.

Cette rigueur observée dans les généralités assure un solide fondement à la théorie des fonctions implicites, qui suit immédiatement, et notamment à celle des fonctions algébriques dont, en une dizaine de pages, les prémisses sont développées avec une maîtrise qui ne saurait surprendre de la part de l'auteur dont on connaît sur ce sujet le Traité magistral, publié en commun avec M. Appell. En particulier, M. Goursat est parvenu à rendre tout à fait rigoureuse la démonstration du théorème de Weierstrass sur la décomposition d'une fonction holomorphe $F(x, y)$ s'annulant pour $x = o$, $y = o$, ainsi que l'extension de la formule de Lagrange au cas des fonctions explicites définies par un système d'équations simultanées.

Le Chapitre XVIII, qui vise la formation des *Équations différentielles* et les *Méthodes élémentaires d'intégration*, n'offre que l'exposé des cas, depuis longtemps classiques, d'intégration par

(1) REVUE, d'avril 1905, p. 621.

uadratures des équations du premier ordre et d'abaissement les équations d'ordre supérieur. On peut y noter le souci qu'a eu l'auteur d'y rattacher les uns aux autres les divers cas élémentaires du premier ordre où l'équation n'est pas résolue par rapport à la dérivée.

Avec le Chapitre XIX, qui vise les *Théorèmes d'existence*, un premier pas est fait dans la voie de la théorie moderne des équations différentielles, inaugurée par Cauchy. C'est ici le *Calcul des limites* de l'illustre Géomètre qui sert de fondement à la méthode suivie par l'auteur, mais sensiblement perfectionnée par lui sur plusieurs points importants. En ce qui concerne notamment l'application du calcul des limites aux équations aux dérivées partielles, la méthode qu'il fait connaître, notablement plus simple que celle de Mme de Kowalewsky, a l'avantage d'être tout à fait générale. Il insiste d'ailleurs longuement sur l'unicité des intégrales données dans le cas ordinaire. La question a été longtemps contestée ; elle l'est peut-être encore ; mais, avec l'exposé de M. Goursat, la réponse ne semble pas douteuse.

En ce qui concerne la méthode des approximations successives, qui a dû son plein succès à M. Picard, avec un complément important dû à M. Lindelöf, l'auteur a simplifié la démonstration de la réciproque. Il a, d'autre part, su donner à la méthode de Cauchy-Lipschitz une forme géométrique des plus avantageuses.

A la suite de la théorie des intégrales premières et du multiplicateur, M. Goursat expose, en quelques pages, les principes fondamentaux de la théorie des groupes continus et des transformations infinitésimales, de façon à montrer comment les divers procédés d'intégration vus jusque-là peuvent être rattachés à ces principes. Cet exposé si clair, si habilement condensé peut servir d'introduction à la lecture du magistral Traité de Sophus Lie.

Ainsi que le remarque l'auteur, " les équations différentielles les mieux étudiées jusqu'à présent sont les équations linéaires. Elles jouissent d'un ensemble de propriétés caractéristiques qui les distinguent nettement et en facilitent l'étude. D'ailleurs, elles interviennent dans un grand nombre d'applications importantes de l'analyse, et leur étude préliminaire est très utile, avant d'aborder les équations différentielles de la forme la plus générale ". Aussi le Chapitre XX est-il consacré aux *Équations différentielles linéaires*, bornées d'ailleurs à celles dont les coefficients sont des fonctions analytiques de la variable indépendante. Si vaste est le sujet qu'il pourrait, à lui seul, donner lieu à

un véritable Traité. Avec un rare talent, M. Goursat a su en extraire les parties vraiment essentielles pour les faire cadrer dans son exposé d'ensemble de l'Analyse infinitésimale. Il a, bien entendu, surtout insisté sur les propriétés qui caractérisent ces équations, comme d'avoir des systèmes fondamentaux d'intégrales, de ne posséder que des points singuliers fixes, etc. Il offre ainsi aux étudiants un exemple relativement simple en même temps que d'une haute importance intrinsèque, et admirablement coordonné, des théories générales relatives au prolongement analytique. Application est faite de ces généralités à quelques équations particulières : équations à coefficients constants, équations linéaires d'Euler, équation de Laplace dont les coefficients sont des fonctions linéaires de la variable.

L'auteur pousse encore plus avant l'examen de cette théorie en abordant, dans l'ordre d'idées de M. Fuchs, l'étude des intégrales régulières d'une équation linéaire au voisinage d'un point singulier. Il s'efforce surtout, en cette étude, de mettre en relief le rôle fondamental joué par le problème purement algébrique de la réduction d'une substitution linéaire à une forme canonique. Les types particuliers d'équations (Gauss, Bessel, Picard), à propos desquels ces vues sont développées, offrent d'ailleurs par eux-mêmes un puissant intérêt.

La théorie est ensuite étendue aux systèmes d'équations linéaires, et le même problème de réduction se retrouve à propos des systèmes à coefficients constants.

Les trois derniers chapitres, que l'auteur, préoccupé sans doute de restreindre les dimensions de son ouvrage, a réduits en quelque sorte à l'essentiel, n'en méritent pas moins d'être loués sérieusement.

Le Chapitre XXI, qui traite des *Équations différentielles non linéaires*, ouvre des vues très suffisantes sur le problème de l'intégration tel qu'il se pose aujourd'hui, et en fait nettement sentir les difficultés. A propos des équations du premier ordre dans lesquelles la dérivée n'est pas exprimée par une fonction holomorphe, l'auteur donne une idée des belles recherches de M. Poincaré.

M. Goursat insiste plus spécialement sur la théorie des intégrales singulières, qu'il illustre par un mode d'interprétation géométrique heureusement imaginé, et qu'il réussit à étendre aux systèmes du premier ordre.

Le Chapitre XXII contient un tableau sobrement tracé de la théorie des *Équations aux dérivées partielles*, sujet auquel, ne

fût-ce que par ses contributions personnelles, M. Goursat serait à même de donner un bien plus large développement. L'auteur envisage successivement les équations linéaires du premier ordre, les équations aux différentielles totales, les équations du premier ordre à trois variables, les équations d'ordre supérieur au premier. Son mode d'exposition ne s'écarte pas sensiblement, en ces matières, des usages classiques, si ce n'est qu'il y fait intervenir de façon peut-être plus systématique les méthodes géométriques. En particulier, l'interprétation qu'il donne de la méthode de Mayer pour l'intégration d'une équation aux différentielles totales, la rend absolument intuitive.

Le Chapitre XXIII fournit un exposé des *Éléments du calcul des variations* réduit au cas le plus simple. En ce domaine, s'affirment particulièrement les qualités de rigueur de l'auteur, qui s'efforce, en outre, de donner une idée de quelques récents progrès de cette théorie. C'est ainsi, par exemple, et en l'établissant d'ailleurs d'une façon originale, qu'il fait connaître la nouvelle condition nécessaire pour le minimum, obtenue par Weierstrass, ainsi que les conditions suffisantes, dues au même géomètre, et pour l'obtention desquelles il suit la marche de M. Hilbert. Au cours de la discussion, il fait voir comment se présentent tout naturellement les résultats mis en évidence par M. Poincaré dans ses *Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*. On peut remarquer que les auteurs étrangers emploient de préférence des moyens beaucoup plus compliqués, peut-être parce qu'ils ne supposent pas les fonctions analytiques ; mais c'est là un avantage qui peut être tenu pour assez illusoire.

Rappelons en terminant, que tous les chapitres de l'excellent Cours de M. Goursat se terminent par une série d'exercices proposés au lecteur et dont on ne saurait trop louer l'heureux choix. L'ouvrage, d'une admirable impression, fait grand honneur à la maison Gauthier-Villars à qui le public mathématique est déjà redevable de tant de beaux et bons Traités d'Analyse.

M. O.

II

I. — Die Anfangsgründe der Differentialrechnung und Integralrechnung für Schüler von höheren Lehranstalten und Fachschulen sowie zum Selbstunterricht, dargestellt von Dr Ri-

CHARD SCHRÖDER, mit zahlreichen Übungsbeispielen und 27 Figuren im Text. Un vol. in-8° de VII-131 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905.

II. — ÜBER DIE ANWENDUNGEN DER DARSTELLENDEN GEOMETRIE INSBESONDERE ÜBER DIE PHOTOGRAMMETRIE, mit einem Anhang : Welche Vorteile gewährt die Benützung des Projektionsapparates im mathematischen Unterricht ? Von FRIEDRICH SCHILLING, mit 151 Figuren und 5 Doppeltafeln. Un vol. in-8° de VI-198 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1904.

III. — LEÇONS DE MÉCANIQUE ÉLÉMENTAIRE à l'usage des Classes de mathématiques A et B, conformément aux programmes du 31 mai 1902, par P. APPELL et J. CHAPUIS. Un vol. petit in-8° de 306 pages avec 104 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

I. — M. Schröder nous avertit, dans la préface, qu'il n'a pas écrit ce petit livre pour prendre parti dans le débat qui partage actuellement les mathématiciens allemands : Convient-il d'introduire les éléments de l'Analyse supérieure dans l'enseignement secondaire ou d'en maintenir l'exclusion ? Tout en restant étranger à ces discussions, il a voulu profiter de la liberté que lui laissaient les programmes pour consulter l'expérience : il a donné les premières notions du Calcul différentiel et intégral à des élèves de l'enseignement secondaire déjà en possession de la Géométrie analytique plane et de l'Analyse algébrique élémentaire. Le résultat a paru heureux. C'est de ces leçons qu'est sorti ce petit livre ; il pourra aider ceux qui voudraient tenter pareille épreuve.

Le débat auquel M. Schröder fait allusion, est un épisode de l'évolution qui se prépare ou s'accomplit, en divers pays, dans l'enseignement secondaire des sciences et, en particulier, des mathématiques. Il convient de nous y arrêter un instant, si nous voulons saisir la physionomie spéciale des trois ouvrages dont nous avons transcris les titres en tête de cet article (1).

(1) Nous renvoyons, pour plus amples détails, au rapport de M. F. Marotte, professeur au Lycée Charlemagne, à Paris : *L'Enseignement des sciences mathématiques et physiques... en Allemagne ;* un vol. de 121 p. Paris, A. Colin ; et à un article du même auteur : *L'Évolution actuelle de l'enseignement mathématique en Angleterre et en Allemagne* (BULLETIN DES SCIENCES MATHÉM., deuxième série, t. XXIX, p. 281, octobre 1905). C'est à cet article que nous empruntons les données générales de ce compte rendu.

C'est surtout dans les pays industriels et sous la poussée de préoccupations économiques et des revendications de l'utilitarisme scientifique, que ce mouvement réformateur a pris naissance. Il tend à introduire, voire à faire prévaloir, dans l'orientation de l'enseignement secondaire, la conception pratique et active de la science, à la place de la conception théorique et critique.

En Angleterre, certains réformateurs vont jusqu'au bout dans cette voie nouvelle: à les suivre, les mathématiques deviendraient un art plutôt qu'une science, et leur étude une sorte d'apprentissage où il importerait moins de comprendre et de raisonner que de savoir et d'appliquer ; le rôle qu'elles peuvent jouer dans la culture générale de l'esprit passerait ainsi au second rang, pour céder le pas à l'utilité qu'on peut en retirer dans le domaine des applications.

Les savants, les universitaires font, on le conçoit, à ces propositions de vives objections ; leur réalisation toutefois fait son chemin. C'est que les Écoles anglaises, indépendantes de l'État et, dans une large mesure, maîtresses d'elles-mêmes, peuvent prendre l'initiative de ces réformes hardies : aussi est-ce moins une évolution qu'une révolution qui s'opère dans l'orientation des études au sein de certaines d'entre elles.

En Allemagne, le même mouvement issu des mêmes causes présente une physionomie différente et progresse d'autre façon. Là l'État a le monopole de l'enseignement et les professeurs sont liés par leurs programmes. Toutefois ces programmes sont assez souples pour permettre à l'initiative individuelle de s'exercer, et les professeurs partisans d'une réforme en profitent pour la préparer par leur enseignement même. Leurs aspirations d'ailleurs n'affectent ni le radicalisme, ni la fougue de celles d'un certain nombre de leurs collègues anglais. On en trouve l'expression autorisée dans le livre de M. Klein : *Ueber eine zeitgemässe Umgestaltung des mathematischen Unterrichts an den höheren Schulen* (Leipzig. B. G. Teubner, 1904). " Il est consacré, dit M. Marotte, non point à l'exposition des questions scientifiques, mais à la recherche du meilleur contenu qu'il convient de donner actuellement à l'enseignement mathématique „... M. Klein y " prépare la réforme analytique, en étudiant d'une façon approfondie la grosse question de l'introduction, dans les écoles secondaires, des éléments du Calcul différentiel et intégral qui, en Prusse, en sont encore exclus.

„ Cette exclusion, en même temps qu'elle interdit aux élèves l'accès des mathématiques modernes, les prive du puissant

instrument qu'elles sont pour pénétrer le monde physique ; elle paralyse le mouvement des mathématiques vers les applications. C'est pourquoi ceux qui, en Prusse, poursuivent la rénovation de l'enseignement mathématique, font porter maintenant leur principal effort sur l'introduction dans l'école secondaire de l'étude géométrique de la notion de fonction et des éléments du Calcul différentiel et intégral.

„ M. Klein expose avec persuasion les raisons qui sont en faveur de cette mesure, où il montre l'aboutissement d'un mouvement commencé depuis longtemps dans les Écoles allemandes ; par une discussion serrée, il écarte les objections et calme les inquiétudes qu'elle soulève dans une partie du corps enseignant ; il explique enfin comment il convient de la réaliser dans la pratique de l'école. Il faut citer la formule très heureuse dans laquelle M. Klein enferme sa thèse et où il marque la place des idées nouvelles dans l'enseignement futur :

„ Il faut, dit-il, *que la notion de fonction, sous sa forme géométrique, pénètre comme un ferment tout le contenu de l'enseignement*, ce qui implique une certaine connaissance de la Géométrie analytique et des éléments du Calcul différentiel et intégral sous la forme naïve où les ont exposés les grands mathématiciens du XVIIIe siècle. „...

Il importe de signaler une différence essentielle entre les réformes anglaise et allemande. " On a vu qu'en Angleterre c'est le principe même de l'enseignement mathématique, le raisonnement déductif, qui est en jeu ; la culture de la logique abstraite, si elle n'est pas absolument négligée, passe au second plan ; les Mathématiques deviennent une science expérimentale. Je ne crois pas que ces doctrines de M. Perry aient beaucoup de partisans dans le corps professoral allemand et les réformateurs, pour y faire accepter leurs idées, doivent insister sur ce point que l'éducation logique n'aura pas à souffrir de leurs propositions et restera, après comme avant, une obligation essentielle de l'enseignement mathématique. Voici, à cet égard, la position de M. Klein, position qu'adopteront sans doute la plupart des mathématiciens :

" Il s'est révélé, depuis dix ans, dans des cercles étendus, un fort courant antimathématique qui menace la position dont jouissaient depuis longtemps les Mathématiques dans la science et dans l'enseignement... Ce mouvement tire sa force de certaines particularités qui ont souvent affecté la pensée mathématique. Dans le domaine des applications, c'est la mise prématurée en

formules mathématiques, faites *à priori*, sans connaissance exacte des conditions de la réalité et qui détourne de l'étude immédiate de la réalité ; dans l'enseignement, c'est la considération exclusive de l'enchaînement logique, ayant pour conséquence la négligence des facteurs psychologiques. *L'enseignement logique est pour les mathématiques ce qu'est le squelette pour un organisme animal, qui ne saurait se tenir sans squelette ;* mais ce serait une étrange zoologie que celle qui ne traiterait jamais que du squelette des animaux. Espérons que, dans un temps peu éloigné, la pensée mathématique, dégagée des accidents où elle est impliquée, s'élèvera avec une nouvelle vigueur, selon la force indestructible qui lui est propre (1). »

Revenons au petit livre de M. Schröder. Quoi qu'il en soit des intentions de l'auteur, ces *Éléments du Calcul différentiel et intégral* sont écrits en marge des programmes ; ils s'inspirent des idées si nettement exposées par M. Klein, en en élargissant peut-être un peu l'application, et, de fait, servent la cause des réformateurs. Il n'importe ; considérés en eux-mêmes, et abstraction faite de tout prosélytisme, ces *Éléments* sont excellents dans leur genre.

La théorie n'y tient qu'une place très restreinte, réduite, le plus souvent, à des explications faites sur des exemples concrets ; de nombreux exercices, tous très simples, bien gradués et complètement résolus, façonnent la main à la technique du calcul et mettent en lumière ses multiples applications. Dans tout le livre, il n'est question que de fonctions de deux variables susceptibles d'être représentées par une courbe plane, en coordonnées rectilignes ou polaires. On expose, dans le Ch. I, la notion de fonction et sa représentation géométrique ; la signification géométrique de la dérivée et du quotient différentiel. Les règles de différentiation des fonctions élémentaires, des fonctions composées et des fonctions de fonctions sont établies et appliquées à de nombreux exemples (fonctions explicites, 104 exercices ; fonctions implicites, 7 exercices).

Le Ch. II est consacré à l'application du Calcul différentiel à la recherche des vraies valeurs des fonctions se présentant sous la forme $\frac{0}{0}$, $\frac{\infty}{\infty}$, etc., quand on substitue, dans leur expression analytique, une valeur particulière à la variable x (26 exercices).

Le Ch. III aborde la recherche des maxima et des minima (10 exercices).

(1) F. Marolle, *art. cité*, pp. 302-304.

Les applications géométriques font l'objet du Ch. IV. On y donne les équations de la tangente et de la normale ; la sous-tangente et la sous-normale ; les longueurs de la tangente et de la normale ; les coordonnées du centre et l'expression du rayon de courbure ; un mot sur les points d'inflexion ; enfin l'équation de la développée. Tout cela est appliqué au Cercle, à la Parabole, à l'Ellipse, à l'Hyperbole, à la Parabole sémicubique $y^2 = \frac{2x^3}{3a}$, à la Cissoïde, à la Cycloïde, à la Lemniscate et à la Cardidoïde.

Le Ch. V ouvre la seconde partie, consacrée au Calcul intégral. On montre le lien qui unit la fonction différentielle et la fonction intégrale : le Calcul intégral est l'inverse du Calcul différentiel. On dresse un tableau d'intégrales immédiates. Quelques règles d'intégration sont ensuite données et appliquées à des exemples : Tout facteur constant peut être mis hors du signe d'intégration. Intégration des sommes et des différences. Intégration par parties et par substitution. Un mot des intégrales définies.

Les applications sont développées dans les deux chapitres suivants : Quadrature des courbes dont les équations sont données en coordonnées rectilignes ou polaires : applications à la Parabole, au Cercle, à l'Ellipse, à l'Hyperbole, à la Cissoïde, à la Cycloïde, à la Cardidoïde et à la Lemniscate. Rectification des courbes planes ; application à la Parabole, à la Cissoïde, à la Cycloïde et à la Cardidoïde.

Enfin le dernier chapitre est l'application de ces éléments d'Analyse supérieure à la Mécanique du point : Vitesse et accélération ; étude du mouvement parabolique et du mouvement vibratoire harmonique ; la seconde loi de Képler établie en partant de l'hypothèse de l'attraction ; chute d'un point pesant le long d'une courbe donnée, vitesse acquise, durée de la chute, application à la Cycloïde.

Nous nous sommes arrêté au détail de la table des matières de ce petit livre en faveur de nos jeunes lecteurs. La plupart d'entre eux abordent pour la première fois l'Analyse supérieure à l'université. Les leçons qu'ils y reçoivent sont excellentes, les traités qu'ils ont entre les mains sont parfaits, mais leur perfection même, leur impeccable rigueur, déroutent souvent leurs premiers pas. Il leur manque une initiation qu'ils peuvent, en suivant un bon guide, se donner eux-mêmes ; il leur faut des exercices très simples qui les acheminent vers les applications plus difficiles qui, seules, trouvent naturellement place dans les traités plus relevés. Qu'ils étudient, la plume à la main, les

Éléments dont nous venons d'indiquer le contenu ; les quelques heures qu'ils leur donneront seront très utilement employées.

II. — Ce n'est pas à l'intérieur de l'école seulement que les professeurs allemands, partisans d'une réforme dans l'enseignement secondaire des sciences, travaillent à la préparer ; ils prolongent ce mouvement réformateur à l'extérieur par leurs écrits et leurs discours, dans les Congrès et, plus efficacement encore, par des *Cours de Vacances* pour les professeurs des écoles secondaires.

Cette institution, qui date de quinze ans, s'est développée à ce point que l'on donne maintenant, à Pâques, chaque année ou tous les deux ans, de semblables cours à Berlin, Francfort, Göttingen, Gresfswald, Iéna, etc. Le livre de M. Klein, dont nous avons parlé plus haut, reproduit des Conférences de Vacances faites à Göttingen, en 1904. La Revue a signalé récemment un ouvrage de M. E. Riecke et d'autres universitaires, qui a la même origine (1). Il a trait à la Physique et à l'Astronomie. M. Riecke y expose, de façon élémentaire, les acquisitions récentes faites dans le domaine de l'électricité et des radiations ; MM. Behrendsen et Stark y parlent du but, de la méthode, du contenu de l'enseignement physique dans les écoles secondaires; M. Bose y présente les installations de l'Université de Göttingen destinées à l'apprentissage manuel des étudiants en Physique ; enfin M. Schwarzschild y consacre un article aux observations astronomiques n'exigeant que des moyens très simples. Tout cela est conçu et présenté de façon à aider les professeurs de l'enseignement moyen à se tenir au courant des progrès de la science et à établir, dans leurs leçons, un contact plus fréquent et plus intime entre la théorie et la réalité, entre les développements abstraits et les applications qu'en fournissent les sciences d'observation et d'expérience.

Le livre de M. F. Schilling reproduit aussi des Conférences de Vacances faites à Göttingen, en 1904. Comme celui de M. Riecke, il a pour but de grouper des connaissances pouvant servir, dans l'exercice de l'enseignement, aux applications concrètes. Ici, c'est l'art des constructions graphiques qui est présenté dans ses multiples applications à la Stéréométrie, à la Géométrie projective et à la Géométrie analytique ; à la Cinématique pure, à la Mécanique et à la Statique graphique ; à la Physique mathéma-

(1) Revue des Quest. scient., troisième série, t. VII, avril 1905, p. 634.

tique ; à l'Analyse et à l'Algèbre ; à la Géodésie, à l'Astronomie et à la Géographie mathématique ; à la Cristallographie ; à l'Architecture ; aux Machines et aux Sciences de l'ingénieur ; à la Physiologie et à la Psychologie ; enfin aux Beaux-Arts, peinture et sculpture. Tout cela est développé sommairement, dans la première partie, avec assez d'ampleur toutefois pour qu'apparaissent nettement l'intérêt et l'utilité que peuvent présenter, dans l'enseignement secondaire, ces applications variées, en le rattachant à la réalité. Des indications bibliographiques complètent l'exposé et indiquent les sources à consulter pour une étude plus approfondie.

La seconde partie est consacrée tout entière à la Photogrammétrie, traitée plus largement. On sait que la Photogrammétrie enseigne à déterminer la figure d'un solide, la configuration d'un édifice, l'allure d'un terrain, etc., à l'aide de perspectives ou, pratiquement, de plusieurs photographies.

Nous recommandons cet ouvrage aux professeurs, qui pourront en tirer un excellent parti.

III. — Ce mouvement réformateur n'existe pas seulement en Angleterre et en Allemagne, il se manifeste aussi en Autriche et en Suisse, où il a des tendances analogues à celles qu'il présente en Allemagne, et il se poursuit en France avec cette particularité qu'il part là d'en haut et dicte les nouveaux programmes. Ceux-ci, théoriquement du moins, le réalisent d'emblée en imposant à l'enseignement scientifique secondaire une allure plus réaliste, plus *instrumentale*, qui le rattache plus étroitement au monde physique. L'enseignement mathématique, en particulier, devra, dans cet esprit nouveau, éviter d'être trop abstrait, tout en restant logique et sagement rigoureux. Pour cela, il fera un fréquent appel aux données des sciences d'expérience et d'observation : elles lui fourniront la matière d'aperçus et d'exercices d'un caractère concret, des données pratiques qui mettront les élèves à même d'appliquer à la réalité leurs connaissances acquises en Géométrie, en Algèbre, en Trigonométrie ; éveilleront leur esprit d'initiative et les habitueront aux calculs numériques, au maniement des divers systèmes d'unités et au passage, si fréquent en Physique et dans l'industrie, d'un de ces systèmes à un autre. C'est dans ce but que les nouveaux programmes ont étendu l'enseignement de la Cinématique et de la Mécanique, tout en le rapprochant de l'enseignement des sciences physiques et en le mettant en harmonie avec les méthodes suivies dans les grandes Écoles et dans l'enseignement supérieur.

Les *Leçons de mécanique élémentaire* de MM. P. Appell et J. Chappuis sont conçues et développées dans cet esprit. La première partie (*Classes de première* C et D), publiée en un petit volume séparé, expose les notions essentielles sur les vecteurs, les projections et les moments, et développe les premières notions de *Cinématique :* Cinématique du point, mouvements élémentaires d'un système invariable ou corps solide, changement du système de comparaison. La seconde partie (*Classes de mathématiques* A et B), celle dont nous avons transcrit le titre en tête de cet article, poursuit, dans son premier chapitre, l'étude de la *Cinématique* considérée de son point de vue originel, c'est-à-dire comme l'étude géométrique des principaux organes de transmission de mouvement. On la restreint ici à l'étude des engrenages cylindriques et à celle des systèmes articulés plans les plus simples.

Les trois chapitres suivants forment une section intitulée *Mécanique ;* ils ont pour titres particuliers, le II : *Forces appliquées à un même point,* le III : *Statique des corps solides libres,* et le IV : *Équilibre des corps solides non libres. Machines simples.* Le chapitre V, consacré à la *Dynamique,* établit les équations du mouvement d'un point ; il expose la notion du travail et l'applique à l'équilibre des machines simples ; il donne un premier aperçu du théorème des forces vives qui devient le point de départ d'une étude élémentaire du mouvement dans les machines.

Des exercices sont proposés à la fin de chaque chapitre.

On s'imagine parfois qu'il est aisé d'écrire un excellent Manuel élémentaire. C'est une erreur ; les maîtres seuls peuvent y prétendre. Il faut savoir gré à MM. Appell et Chapuis de n'avoir pas jugé indigne d'eux de mettre à composer celui-ci leur science et leur talent d'exposition Nous recommandons vivement ces excellentes *Leçons* aux étudiants qui y trouveront l'occasion d'une première initiation éminemment utile.

J. T.

III

Traité de Physique, par O. D. Chwolson, professeur à l'Université impériale de St-Pétersbourg. Ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande, par E. Davaux, ingénieur de la

Marine. Édition revue et considérablement augmentée par l'auteur, suivie de *Notes de Physique théorique* par E. et F. Cosserat. Tome I, premier fascicule : grand in-8° de XIII-407 pages, avec 219 figures dans le texte. Tome II, premier fascicule : VII-202 pages avec 105 figures dans le texte. — Paris, A. Hermann, 1906.

La première édition russe de ce *Traité* a été entreprise en 1897, et la seconde en 1900. En même temps, on annonçait une traduction allemande, commencée en 1902 et dont trois volumes ont paru (*Lehrbuch der Physik*, Braunschweig, 1902-1905, in-8°). La traduction française que nous donne M. Davaux en comprendra quatre, qui seront publiés chacun en plusieurs fascicules. Le succès des éditions russe et allemande garantit celui de cette traduction qui est en réalité une troisième édition, mise à jour et enrichie de notes originales, importantes et étendues, par le traducteur et ses collaborateurs, MM. E. et F. Cosserat.

Le *Traité* de M. Chwolson n'est pas écrit pour les débutants : non seulement il suppose un cours antérieur de Physique générale élémentaire, mais son allure synthétique le rend moins propre à un premier enseignement. Ses dimensions d'ailleurs ne sont pas celles d'un *manuel* à mettre entre les mains des étudiants, mais plutôt celles d'une encyclopédie analogue au *Cours de Physique*, resté inachevé, de Violle. Sa facture, la langue qu'il parle ne sont point non plus celles d'un livre classique, dont le texte condensé suppose un maître qui l'interprète et l'explique, mais bien celles de leçons orales, développées avec ampleur, parfois avec surabondance, et qui rendent superflu tout nouveau commentaire. C'est plus et mieux qu'un manuel, c'est une " somme " à consulter, à étudier par ceux qui, familiarisés déjà avec la matière, désirent l'approfondir : ils y trouveront un tableau, tracé de main de maître, de l'état actuel de la Physique, un guide très sûr et parfaitement informé. Les connaissances mathématiques que l'auteur suppose chez son lecteur ne dépassent pas, en général, les éléments de l'analyse supérieure ; mais il est vraisemblable que le niveau mathématique s'élèvera dans les fascicules ou les volumes suivants. Au début de ses leçons, en effet, M. Chwolson s'adresse manifestement à des élèves qui n'ont pas encore étudié le Calcul différentiel et intégral ; il prend la peine de leur dire ce que c'est qu'une dérivée et comment on la calcule dans des cas très simples ; il leur apprend que le signe d'intégration signifie " limite somme ", etc. Mais ces élèves suivent sans doute, ailleurs et simultanément, un cours d'analyse. " Nous

éviterons, dit l'auteur, tout au moins *dans les premières parties*, les applications des mathématiques supérieures, supposant que le lecteur qui aborde l'étude de cet ouvrage ne s'est pas encore familiarisé avec elles „. Bientôt, il s'affranchit de ces entraves et emploie couramment le langage et la technique de l'analyse supérieure, quitte à inviter " le lecteur qui n'est pas encore familiarisé avec les connaissances mathématiques nécessaires „ à l'intelligence de tel ou tel paragraphe, à passer outre provisoirement. C'est la situation de plus d'un professeur de Mécanique et de Physique, qui se heurtent à la difficulté que M. Chwolson s'efforce ici de tourner.

A la manière de Verdet, l'auteur réunit, à la fin de la plupart des chapitres et, parfois, à la suite de paragraphes plus importants, de nombreuses références bibliographiques qui complètent celles que l'on trouve au bas des pages et permettent au lecteur de remonter aux sources et d'élargir le champ de ses études. Signalons, entre autres, une liste de soixante-trois Recueils périodiques, consacrés exclusivement à la Physique ou largement ouverts aux travaux originaux qui relèvent de cette science. Cette documentation, très riche et de bon aloi, est un des nombreux mérites de l'ouvrage : elle fait corps avec lui et n'est pas un étalage d'érudition factice qui s'arrête aux titres des travaux cités et n'a rien fourni au texte qu'elle accompagne.

A ces remarques générales, il convient d'ajouter quelques indications de détail sur le contenu de cet important ouvrage et sur la forme qu'il y revêt.

Tome I, Fascicule 1. — Il comprend trois parties intitulées : *Introduction générale* (1-54) ; *Mécanique* (55-273) ; *Instruments et méthodes de mesure* (274-407).

Dans la première, l'auteur définit l'objet de la Physique : elle est " la science de la matière inorganisée et des phénomènes qui s'y passent „ ; il en marque le triple but : " la découverte, l'étude et l'explication de ces phénomènes „ : il décrit les moyens qu'elle emploie à l'atteindre : l'observation, l'expérimentation, la mesure, dont les lois synthétisent et généralisent les résultats ; il étudie l'établissement et indique la portée de ces lois ; confiant en la construction de la théorie physique à la manière déductive, il envisage le choix et le rôle des hypothèses qui en seront le point de départ et, si les faits les confirment, les conclusions dernières.

Dès ces premières pages le soin s'affirme d'une exposition

approfondie, ordonnée, en même temps que le souci des notions précises et des énoncés rigoureux. Signalons en particulier les trois paragraphes : 6. *Grandeurs physiques*, 7. *Lois physiques*, 8. *États de la matière*, où l'auteur insiste, avec beaucoup de raison et en termes excellents, sur les notions fondamentales de mesure, d'unité, de valeur numérique, de coefficient de proportionnalité, et sur leur application à la température, à la densité, etc. Cette première partie se termine par le rappel de quelques propositions mathématiques : mesure des angles plans et des angles solides ; notion de la dérivée : tangente et rayon de courbure ; principes de la théorie des vecteurs.

Dans la seconde partie, M. Chwolson aborde la *Mécanique*. Il laisse de côté toute question étrangère à son sujet principal, mais il développe largement celles qui trouveront leur application dans le cours du *Traité*. Cet excellent exposé diffère beaucoup des notions de Mécanique que l'on trouve en tête de la plupart des traités de Physique : là, elles sont, le plus souvent, très écourtées et c'est à propos des phénomènes physiques, étudiés successivement, qu'on les complète en les appliquant à des cas particuliers. Ici elles forment un ensemble, le tout, à peu près, des connaissances mécaniques abstraites qui fourniront la charpente du *Traité* et prendront un sens concret en acoustique, en lumière, en électricité, etc.

Le premier chapitre, intitulé *Du mouvement*, a trait à la cinématique du point réduite aux notions de vitesse, de composition des vitesses, d'accélération du mouvement rectiligne et du mouvement curviligne plan ; on y a joint les définitions des éléments du mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe.

Le chapitre II, *De la force*, expose les notions essentielles de la dynamique du point matériel. L'auteur s'inspire de Newton. S'il signale, en passant, les difficultés que soulèvent les principes fondamentaux de la Mécanique classique, il ne s'attarde pas aux controverses qu'elles ont provoquées, et se borne à renvoyer aux ouvrages qui leur sont consacrés. Il définit les unités mécaniques C. G. S. ; traite de la composition et de la décomposition des forces ; décrit le champ de force et emprunte, en finissant, à la dynamique du solide, le calcul des moments d'inertie.

Le *Travail et la force vive* font l'objet du Chapitre III. La notion du travail, nettement posée et généralisée, est appliquée à l'évaluation du travail d'un couple, du déplacement d'un corps dans un champ uniforme, de celui des forces centrales, etc. La

relation qui lie le travail et la force vive est appliquée au mouvement des corps en chute libre. La considération du temps pendant lequel un travail s'est effectué, dans des conditions données, conduit à la notion de *puissance ;* et le chapitre se termine par une très bonne introduction à l'étude de l'énergie : L'énergie est la capacité de travail d'un corps ou d'un système de corps. Elle est une fonction finie, uniforme et continue de l'état du corps ou du système. Elle peut être cinétique (mouvement d'ensemble, chaleur, rayonnement,...) ou potentielle (énergie de masses qui s'attirent suivant la loi de Newton et d'un corps élastique déformé ; énergie chimique, électrostatique, magnétique,...). L'énergie se conserve, elle se transforme.

Le Chapitre IV contient l'étude détaillée du *Mouvement vibratoire harmonique.* Partant de l'origine géométrique de ce mouvement — projection du mouvement circulaire et uniforme — l'auteur en établit la formule, celles de la vitesse et de l'accélération, la loi de la force qui le produit et celle de l'énergie qui l'accompagne. Il passe à la composition et à la décomposition de semblables vibrations et y ajoute un paragraphe, un peu plus complexe, consacré aux mouvements vibratoires amortis.

Le Chapitre IV complète le précédent, en suivant, dans le milieu, la *Propagation des vibrations par rayonnement.* On y trouve, sous forme abstraite, sans qu'il y soit parlé de son, de lumière ou d'électricité, l'exposé des phénomènes d'interférence, de diffraction, de réflexion, de réfraction des ondes longitudinales et transversales, et de ceux qui tiennent au déplacement relatif de la source et de l'observateur (Principe Doppler-Fizeau). Vient ensuite un chapitre consacré à l'*Attraction universelle.* L'auteur introduit, très utilement, dans son exposé la notion de densité négative. Il démontre les théorèmes classiques relatifs à l'attraction d'une couche sphérique et d'une sphère homogènes sur un point matériel ; il établit que le champ de force, à l'intérieur d'une cavité sphérique creusée dans une sphère homogène, est uniforme ; il étend l'étude de l'attraction sur un point matériel au cas d'une couche ellipsoïdale homogène, à surfaces terminales homothétiques, et à celui d'un plan indéfini.

Au chapitre VII, l'étude de l'attraction s'achève par l'exposé des *Éléments de la théorie du potentiel.* Voici les principales questions qui y sont abordées : *Fonctions de point,* surfaces de niveau et lignes de force ; *potentiel d'une masse et d'un système de masses ; potentiel mutuel de deux systèmes : espace à potentiel*

constant. Application au *potentiel d'une couche sphérique et d'une sphère.*

La *Pesanteur* est rattachée à l'attraction universelle, au chapitre VIII. Elle fournit l'exemple d'un champ uniforme, dans le voisinage de la surface de la Terre. L'étude de la chute et de l'ascension verticales des corps pesants et du mouvement des projectiles dans le vide ; la théorie du pendule simple et celle du pendule composé complètent ce chapitre.

Un exposé substantiel, très net, très précis sur les *Dimensions des grandeurs physiques* forme le IXe et dernier chapitre de cette seconde partie.

MM. E et F. Cosserat y ont ajouté une note étendue *Sur la dynamique du point et du corps invariable* (246-273). Les considérations théoriques et critiques qui y sont présentées tranchent, par leur compléxité, sur le fond classique et la forme élémentaire du *Traité* ; elles n'y sont cependant pas déplacées. Dans son exposé didactique, M. Chwolson laisse très judicieusement de côté les difficultés que soulève l'application des principes de la Mécanique aux phénomènes naturels, mais il a voulu que ses lecteurs en fussent instruits ; c'est à les leur faire connaître, en même temps qu'à les intéresser aux efforts tentés pour les écarter, que visent les notes de MM. E. et F. Cosserat.

M. Poincaré a émis l'idée que ces difficultés proviennent peut-être d'une application trop fidèle, à tous les phénomènes, de la Mécanique classique et de la théorie de l'univers astronomique qu'elle suffit à supporter. Il y a lieu, dès lors, de s'essayer à la construction d'une Mécanique plus souple, plus compréhensive surtout, dont la Mécanique classique serait un cas particulier. Des efforts dans ce sens ont été tentés ; MM. E et F. Cosserat les renouvellent, en adoptant, dans ses traits généraux et son mode de déduction, le système énergétique. Tous ceux qu'intéressent ces discussions théoriques, quelle que soit d'ailleurs leur opinion sur la possibilité et la portée d'une explication mécanique de l'univers, liront avec plaisir et non sans utilité cet essai original et abondamment documenté : il place le lecteur en face des questions controversées et lui donne, en un tout bien ordonné, les sources où il trouvera, avec les détails du débat, les efforts de la critique et leurs résultats.

La troisième partie du fascicule que nous analysons est consacrée aux *Instruments et aux méthodes de mesure.* Il faut louer la netteté, la précision, l'insistance à ne laisser dans l'ombre aucun point délicat. Des *Remarques générales sur les*

esures physiques occupent le premier chapitre : mesures abso-
es, et mesures relatives ; étalons et instruments ; technique
ératoire et calcul des résultats. Dans le chapitre II, l'auteur
ecrit les *Instruments auxiliaires* principaux : machines à divi-
r les longueurs et les cercles ; niveau, loupe, microscope et
nette.

Il entre au détail des applications dans les sept chapitres
ivants : *Mesure des longueurs et des surfaces :* mètre, vernier,
héromètre, cathétomètre, planimètres ; *Mesure des angles :*
ernier circulaire, niveau, théodolite, méthode de la déviation
un miroir, goniomètres ; *Mesure des volumes :* voluménomètre
Regnault ; *Mesure des forces et des masses :* balances et
sées ; dynamomètres et balances de torsion ; *Mesure du temps :*
endule et chronographes ; *Mesure de l'intensité de la pesan-
ur :* un mot de l'emploi théoriquement possible de la machine
Atwood, du plan incliné, de l'appareil Morin ; recours au pen-
le ; variation de g avec l'altitude et la latitude ; *Mesure de la
nsité moyenne de la Terre.*

Une note *Sur la théorie des intégrateurs*, par M. Ed. Davaux,
rmine cet exposé.

Tome II, Fascicule 1. — Il a pour titre : *Émission et absorp-
on de l'énergie rayonnante. Vitesse de propagation. Réflexion
réfraction.* Ce simple énoncé dit assez combien la disposition
es matières diffère ici de celle adoptée généralement dans les
ivrages français. La division en traités séparés groupant les
hénomènes d'après les impressions produites sur nos sens
- le tact, l'oreille, l'œil... — s'efface ici pour faire place à une
nthèse générale qui rapproche et fusionne les phénomènes
après la similitude de leurs propriétés essentielles et sans
nir compte de l'ordre historique de leur invention.

Le premier chapitre, servant d'introduction, est une vue d'en-
emble des formes diverses de l'énergie rayonnante dont l'éther est
support et le véhicule. On y traite d'abord de la production et
e l'observation des vibrations lentes : décharge électrique oscil-
nte, expériences de Hertz. On passe de là aux vibrations plus
pides : radiations lumineuses que l'œil perçoit, radiations
ltra-violettes que révèlent la photographie, les phénomènes de
uorescence, etc ; radiations infra-rouges que décèlent le thermo-
ètre, les piles thermo-électriques, le radio-micromètre de Boys,
bollomètre de Langley, le radiomètre de Crookes, etc. L'éner-
ie rayonnante, sous ces formes diverses, jouit de propriétés

fondamentales que l'auteur rappelle. Leur étude exige, parfois, que l'on travaille sur des radiations homogènes ; on dispose, pour les produire, de différents moyens : la dispersion, la diffraction, l'absorption élective, les réflexions successives. Des découvertes récentes nous ont fait connaître de " nouveaux rayons „ : ceux de Röntgen, de Becquerel, etc. L'auteur signale leur existence et en renvoie l'étude à plus tard.

Le chapitre II envisage la *Transformation de l'énergie calorifique en énergie rayonnante et inversement*, sujet délicat, que les recherches modernes, très nombreuses et très touffues, ont beaucoup élargi. M. Chwolson donne de l'ensemble de ces travaux un exposé très ample et bien ordonné : lois du rayonnement, pouvoir émissif et pouvoir absorbant ; lois de Kirchhoff, de Stephan, de Wien, de Lambert, etc. Un aperçu des travaux théoriques et des recherches expérimentales relatifs à la pression de l'énergie rayonnante clôt cet excellent exposé.

Les déterminations expérimentales de la *Vitesse de propagation de l'énergie rayonnante* sont étudiées au chapitre III. On y expose les méthodes de Römer, de Bradley, de Fizeau, de Foucault et les applications qui en ont été faites à la détermination de la vitesse de propagation de la lumière. On signale, en terminant, les recherches relatives à l'influence du mouvement du milieu sur cette propagation, et leurs résultats.

Le chapitre IV et le chapitre V traitent respectivement de la *Réflexion* et de la *Réfraction de l'énergie rayonnante*. C'est là qu'il faut chercher les questions groupées généralement sous le titre d'Optique géométrique ou des rayons lumineux : théorie des miroirs, astigmatisme, caustiques, diffusion ; théorie du prisme, des lentilles, des systèmes optiques... Tout cela est brièvement étendu aux " rayons électriques „.

Ces indications suffisent à notre but : donner une idée des sujets traités et de la disposition des matières dans cet ouvrage bien moderne. Elles laissent à peine soupçonner l'ampleur et l'érudition des développements ; et nous aurions dû allonger outre mesure ce compte rendu si nous avions voulu signaler, même partiellement, les traits d'heureuse originalité dans le mode d'exposition et l'allure des démonstrations.

Tant de qualités, jointes à la richesse de la documentation, assurent au *Traité* de M. Chwolson l'accueil empressé de tous ceux qui enseignent ou étudient la Physique générale.

J. Thirion, S. J.

IV

LES QUANTITÉS ÉLÉMENTAIRES D'ÉLECTRICITÉ, IONS, ÉLECTRONS, CORPUSCULES. Mémoires réunis et publiés par HENRI ABRAHAM et PAUL LANGEVIN. Un volume grand in-8° de XVI-1144 pages, avec de nombreuses figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

Ce très précieux volume, que les physiciens de langue française accueilleront avec un empressement reconnaissant, fait partie de la *Collection de Mémoires relatifs à la Physique,* publiée sous les auspices de la Société française de Physique. On y a réuni le texte complet ou les parties principales des travaux français et étrangers (traduits en français), où s'est introduite et élaborée la notion nouvelle et éminemment féconde de la structure discontinue des charges électriques, qui forme à l'heure actuelle un des caractères les plus saillants des recherches en électricité.

L'*avertissement* mis en tête de ce volume par MM. Abraham et Langevin, en montre nettement le but et la composition, et signale les services qu'il est appelé à rendre aux chercheurs. Les lignes suivantes sont empruntées, à peu près textuellement, à cet avertissement.

La notion de structure discontinue des charges électriques domine et pénètre la plupart des découvertes récentes en Physique ; cette forme nouvelle des conceptions atomistiques sert maintenant de guide à beaucoup de chercheurs. C'est pour leur faciliter les recherches, autant que pour préciser les caractères essentiels des idées actuelles, que la Société française de Physique a jugé utile de réunir un ensemble de travaux concernant les circonstances d'observation et les propriétés des centres électrisés, ions, électrons ou corpuscules.

Cette collection de Mémoires doit être surtout un Livre de références, qui mette sous la main des physiciens de langue française un certain nombre de travaux utiles à consulter. Les Mémoires sont classés par ordre alphabétique de noms d'auteurs et par ordre chronologique pour chaque auteur. Un Tableau synoptique groupe les Mémoires relatifs à chaque division du sujet. En voici les grandes lignes; les nombres entre parenthèses indiquent celui des auteurs auxquels la table renvoie.

Les ions. — A. *Caractères et circonstances de production.* I. Décharges disruptives (3). II. Flammes et gaz chauds (5). III. Lumière ultra-violette (4). IV. Rayons cathodiques (2).

V. Rayons Röntgen et rayons secondaires (8). VI. Corps radioactifs et ionisation de l'atmosphère (6). VII. Réactions chimiques (2). VIII. Ionisation des solides et des liquides (3). — B. *Propriétés des ions*. I. Mobilité (11). II. Diffusion (1). III. Recombinaison des ions (7). IV. Courants dans un gaz ionisé (4). V. Phénomènes de condensation (7). VI. Charge absolue des ions, leur masse. Dénombrement des ions dans les gaz et charge atomique dans l'électrolyse (5).

Les électrons. — A. *Circonstances de production*. I. Rayons cathodiques (6). II. Rayons de Goldstein (3). III. Actions des radiations (rayons ultra-violets et rayons Röntgen) (5). IV. Corps radioactifs (4). V. Corps incandescents (3). — B. *Propriétés des électrons*. I. Existence de la charge (7). II. Action du champ électrique (7). III. Action du champ magnétique. Rayons cathodiques (6). Rayons β (7). Kanalstrahlen (1). Rayons α (2). IV. Mesure du rapport de la charge à la masse et à la vitesse. Rayons cathodiques (5). Rayons produits par la lumière ultraviolette et les corps incandescents (1). Rayons β (2). Kanalstrahlen (2). Rayons α (2). V. Conductibilité produite par les électrons en mouvement ; phénomènes d'absorption (8). VI. Théorie des métaux (3). VII. Phénomènes cosmiques (4). — C. *Mécanique électromagnétique*. I. Dynamique des électrons et masses électromagnétiques (8). II. Phénomènes électriques et optiques ; théorie de l'aberration ; le mouvement absolu (3). III. Rayonnement produit par l'accélération des électrons (3).

La lecture de ce tableau fait saisir les grandes lignes du plan suivi par MM. Abraham et Langevin ; mais il n'est pas inutile d'en compléter la définition en donnant un exposé rapide des lacunes principales.

D'une manière générale, on a restreint au minimum les applications. On n'en a donné que le strict nécessaire pour préciser les circonstances de production et les propriétés des centres électrisés.

Dans la première partie, qui contient l'étude expérimentale des gaz conducteurs et des ions auxquels ils doivent cette propriété, on a limité la question des ions de l'atmosphère aux travaux qui en ont signalé l'existence, sans faire intervenir le détail des méthodes de mesure et des résultats obtenus.

Sur la question de la décharge disruptive, on a retenu tout d'abord une série de Mémoires relatifs aux émissions de particules électrisées, rayons cathodiques et Kanalstrahlen, et à l'étude de ces particules. On donne, en second lieu, des travaux

plus récents, d'où se dégage la notion fondamentale de l'ionisation par les chocs. On a dû négliger le détail des applications qui en sont actuellement faites à la théorie des aspects divers et compliqués de la décharge. De même, on n'a conservé des travaux relatifs à la radioactivité que ceux concernant les émissions α et β, en laissant de côté la question des transformations continuelles dont les substances radioactives sont le siège. L'émission possible de particules électrisées par le Soleil est également indiquée sans examen détaillé des applications d'un si haut intérêt qu'on en peut faire pour l'explication des phénomènes météorologiques et cosmiques.

Dans la partie plus purement théorique, où la dynamique des électrons se déduit des propriétés du milieu où ils se meuvent, on a conservé uniquement le point de vue électromagnétique, sans aborder les importants essais de représentation mécanique, tels que ceux poursuivis par M. Larmor. On a également donné des indications sur le rayonnement émis dans l'éther par les centres électrisés au moment où ils subissent une accélération ; et on a montré comment on en peut déduire l'explication des diverses radiations : lumière, rayons de Röntgen, rayons secondaires et probablement aussi rayons γ des corps radioactifs. En ce qui concerne ces radiations elles-mêmes, on a seulement insisté sur leur propriété commune de donner naissance à des centres électrisés lors de leur passage à travers la matière.

On a complètement laissé dans l'ombre d'intéressantes théories *électroniques* : telles que les théories du magnétisme et de la réfraction, comme celles des phénomènes magnéto-optiques tels que le phénomène de Zeeman et la polarisation rotatoire magnétique. On n'a donné, sur la théorie des métaux, qu'une partie seulement du travail de M. Drude, celle où se dégage nettement l'assimilation à un gaz des électrons présents dans un métal, avec identification de leur énergie cinétique moyenne à celle des molécules gazeuses de même température. On retrouvera, dans les publications de la Société de Physique pour le Congrès de 1900, le Rapport du professeur J.-J. Thomson sur le même sujet.

Ces indications suffisent à montrer l'intérêt et l'importance de ce recueil dont les matériaux, épars en un grand nombre de publications périodiques, ont été choisis et mis en œuvre par MM. Abraham et Langevin avec une science profonde et détaillée d'un sujet qu'ils ont eux-mêmes étudié avec tant de soin et pratiqué avec tant de succès.

J. T.

V

MANUEL PRATIQUE DE RADIOLOGIE MÉDICALE, par le Dr ÉMILE DUPONT. Un vol. in-16 de 126 pages avec figures. — Bruxelles, H. Lamertin, 1905.

Initié dès longtemps aux applications de la découverte de Röntgen par la fréquentation des principaux instituts radiologiques d'Europe ; rompu, par la pratique journalière, à la technique de ces applications dans le service radioscopique et radiographique qu'il a installé et qu'il dirige à l'hôpital militaire de Bruxelles ; chargé, depuis 1897, des conférences radiologiques pratiques données, chaque année, aux médecins de la garnison de cette ville, M. le Dr É. Dupont, mieux que personne, était préparé à écrire un *Manuel pratique de radiologie médicale* : il y a parfaitement réussi. Son livre est de ceux qu'il faut louer sans réserve. Ces quelques pages claires, précises, allant droit au but, sans digressions théoriques inutiles, sans descriptions encombrantes, constituent bien un *manuel pratique*, un guide excellent pour le médecin qui songerait, dans un cas difficile, à recourir aux rayons Röntgen, ou à pratiquer lui-même la radiologie.

Voici un court résumé de la table des matières.

Après avoir rappelé très brièvement la découverte et les propriétés essentielles des rayons X, l'auteur définit les unités électriques usuelles : le volt, l'ampère, le coulomb, l'ohm et le watt. Puis il divise son livre en cinq parties.

Dans la première il traite du *Matériel* : source d'électricité, bobine et interrupteur, tubes et appareils auxiliaires.

Dans la seconde, il expose la *Technique radioscopique et radiographique* : choix des plaques sensibles, durée de pose, disposition des appareils, manipulations photographiques, examen radioscopique, lecture des radiographies, radiographie stéréoscopique.

Dans la troisième partie, il passe en revue les *Applications médico-chirurgicales* des rayons X : recherche des corps étrangers dans les tissus, fractures, décollements épiphysoires, maladies des os, luxations, arthrites, dents ; examen du thorax, tuberculose pulmonaire, pneumonie, emphysème pulmonaire, maladies de la plèvre, adénopathies bronchiques, affections cardiaques, anévrysmes, rétrécissement de l'œsophage.

La quatrième partie est consacrée aux *Applications des rayons Röntgen dans l'armée* : incorporation des miliciens, arrivée des recrues au régiment ; au cours du service : fractures, luxations, ostéites, corps étrangers, maladies internes ; réformes, pensions, maladies simulées.

La cinquième partie expose l'organisation et le fonctionnement du *Service radiologique militaire belge.*

Une table alphabétique détaillée rend très facile la recherche, dans le *Manuel*, d'un renseignement déterminé.

J. T.

VI

MANUEL DES RECHERCHES PRÉHISTORIQUES publié par la Société préhistorique de France, avec 205 figures et plusieurs tableaux hors texte. Un vol. in-12 de IX-332 pages. — Paris, librairie C. Reinwald, Schleicher frères, éditeurs, 1906.

Voici un livre vraiment nouveau, le premier de son genre qui paraisse sur la matière. Il a pour but de faire connaître, à ceux qui veulent s'occuper de recherches préhistoriques, toutes les notions nécessaires pour les mener à bien.

Cette fois, on peut répéter en toute vérité la phrase trop souvent banale des comptes rendus d'ouvrages, que ce livre vient à son heure. En effet, les travaux relatifs à la préhistoire se multiplient chaque jour, mais parfois ils sont entrepris par des auteurs qui gâchent la besogne. De plus, la science préhistorique se fixe de jour en jour davantage ; il importe que ceux qui veulent s'y livrer soient au courant de ses méthodes et de ses principes.

Le manuel que nous signalons ne porte pas de nom d'auteur ; il n'en est pas moins l'œuvre de personnes compétentes entre toutes. Il est dû à l'initiative de la Société préhistorique de France et à la collaboration d'habiles et expérimentés techniciens.

Nous ne pouvons songer à donner une analyse complète de l'ouvrage, qui est tout entier fait de détails et de minutieuses prescriptions. Mais nous essaierons d'en donner une idée sommaire.

Il se divise en deux parties très nettes, l'une intitulée *Tech-*

nique générale, l'autre *Technique spéciale*. Le premier chapitre décrit le matériel nécessaire aux recherches préhistoriques, et le second fournit des renseignements sur les terrains à fouiller. Quand un gisement a été découvert, il y a des formalités à remplir pour s'assurer ou la location ou la propriété du terrain, ou le droit d'y faire des fouilles. Le *Manuel* donne à cet égard tous les renseignements désirables, il y a même un chapitre spécial sur la législation des travaux préhistoriques.

La valeur des découvertes dépend en bonne partie de l'exactitude des indications topographiques de la trouvaille, et bien des documents ont dû être récusés parce que les preuves manquaient pour les situer avec précision. Le *Manuel* insiste sur ce point, il enseigne des méthodes sûres pour guider les auteurs dans la façon de libeller les indications géographiques, stratigraphiques et celles qui ressortissent au folk-lore. On y trouvera un plan de procès-verbal, des tableaux pour la description des monuments et des objets de collection, et la façon de s'assurer la propriété scientifique des découvertes qu'on vient de faire.

Pour donner avec exactitude les indications topographiques, il est souvent nécessaire de faire un levé de terrain à la boussole. Le chapitre VI fournit tous les renseignements désirables à cet égard et, dans le chapitre VII, nous trouvons ceux qui concernent la construction des cartes préhistoriques.

La conservation des objets récoltés fait l'objet du chapitre VIII. On s'y occupe successivement de la façon de récolter les silex, les objets en bois, les ossements, les verres, la poterie et les instruments métalliques. Il est souvent nécessaire de consolider les ossements et les objets fragiles, soit pour leur extraction du sol, soit pour leur classement dans les collections. Divers procédés peuvent être employés, le silicatage et la solidification par le blanc de calcaire, la paraffine, la stéarine ou par le plâtre. Les estampages et les moulages rentrent dans le même ordre d'idées ; le *Manuel* décrit les différentes sortes d'estampages et de moulages ; ceux-ci se font au plâtre, à la gélatine et à la gutta-percha. Les auteurs du *Manuel* nous apprennent même comment il faut miner une roche qui renferme des pièces impossibles à enlever autrement ou qui empêche les recherches ultérieures.

Dans bon nombre de sciences, la photographie joue aujourd'hui un rôle prépondérant. Au chapitre IX, le *Manuel* détaille les services spéciaux que la photographie est appelée à rendre

aux préhistoriens, en distinguant la photographie des lieux, celle des opérations et celle des objets trouvés.

Comme tous les archéologues, les amateurs d'objets préhistoriques sont exposés à être victimes des faussaires, car il y a des ateliers et des fabriques modernes de silex, de pointes de flèches, de haches et d'instruments en corne, et parfois, comme sur les bords du lac de Bienne en Suisse, les productions préhistoriques contemporaines sont faites avec de la matière authentique. On trouvera dans le chapitre X du *Manuel* l'énoncé de tous les critères qui peuvent faire juger de l'authenticité des objets préhistoriques.

Est-il possible, sur les seules dimensions d'un os long humain, de déterminer la taille et le sexe d'un squelette préhistorique ? La question est pratique. Elle a été résolue affirmativement par M. le Dr L. Manouvrier, et le *Manuel* reproduit les tableaux dressés dans ce but par le savant professeur de l'École d'anthropologie.

Au chapitre XII sont donnés d'excellents conseils pour l'installation et le rangement des collections, et le XIIIe reproduit, en tableaux, les principales classifications préhistoriques connues. Des figures nombreuses et bien choisies caractérisent l'industrie de chacune de ces époques et permettent au collectionneur le moins expérimenté d'identifier les pièces recueillies.

La seconde partie du *Manuel* est consacrée à la technique spéciale, c'est-à-dire aux diverses espèces de gisements préhistoriques que l'on peut être amené à fouiller. Ce sont d'abord les stations et ateliers de surface, les fonds de cabanes et les cachettes en pleine terre. Sont aussi à étudier les berges des cours d'eau, les dragages des rivières, les sources, les fontaines et les falaises où s'accumulent souvent des kjökkenmöddings. Les stations lacustres, palafittes et terramares font l'objet du chapitre III de la seconde partie du *Manuel*. Le chapitre IV s'occupe des recherches et des fouilles dans les sépultures à inhumation sans cercueils, et le chapitre V des grottes et des cavernes. Pour tous ces gisements, le *Manuel* fournit les indications nécessaires qui les font découvrir, trace les règles à suivre pour l'exploitation méthodique, signale les difficultés que l'on rencontre, et les objets caractéristiques qu'on y peut recueillir. Faut-il dire que tout cela est présenté de la façon la plus pratique, dénote une expérience consommée et trahit un esprit de critique très exercé ? Si on ne le savait d'ailleurs, on s'apercevrait aisément, à la lecture de ces pages du *Manuel*, que l'on a affaire à

des professionnels ayant une longue habitude du terrain. Rien n'est oublié, rien n'est laissé à l'imprévu, et des exemples aussi nombreux que pertinemment choisis appuient toujours à propos les considérations émises.

Le *Manuel* se termine (chapitres VI-X) par l'étude des monuments à grosses pierres, menhirs, alignements, cromlechs, mégalithes et dolmens, des tumulus, des enceintes défensives, des fosses et puits funéraires et enfin des puits d'extraction des silex. Ici peut-être y avait-il lieu de parler aussi des *Marchets*, ces petits tertres formés par un tas de cailloux au centre desquels se trouvent des ossements humains, et qui ont été récemment fort bien étudiés par M. le baron de Loë, dans un mémoire présenté au Congrès de Dinant en 1903.

Autre desideratum. Puisque, p. 261, les auteurs du *Manuel* citent une trentaine de noms populaires donnés aux mégalithes, il n'en eût pas coûté beaucoup pour compléter ce vocabulaire, d'autant plus que quelques-unes des plus caractéristiques de ces dénominations ont été omises.

A la fin du *Manuel* est annexé un index alphabétique des principaux termes et mots employés en préhistorique. Cet index pourrait être utilement augmenté ; ainsi, outre le mot *marchet* que nous avons déjà cité, on est un peu surpris de ne pas rencontrer les termes d'âges, d'amygdaliens, de céraunies, de craquelage, de cupules, d'éburnéen, de fissuration, de fossile, de glaciaire, de plan de frappe, de rondelles crâniennes, etc.

En terminant la préface du *Manuel*, le secrétaire général de la Société préhistorique de France déclare que c'est la conscience tranquille qu'il soumet cet essai à la critique. Ce n'est point téméraire présomption, tous ceux qui auront seulement feuilleté ce *Manuel* auront bien vite acquis la conviction qu'il doit être le livre de chevet de tous ceux qui veulent s'occuper de la science préhistorique.

J. G.

VII

Six Leçons de préhistoire, par Georges Engerrand, professeur à l'Institut des Hautes-Études de Bruxelles et à l'Extension universitaire de Belgique, avec une Préface de L. Capitan, pro-

fesseur à l'École d'Anthropologie de Paris. Un vol. in-8° de VII-263 pages et 124 figures dans le texte. — Bruxelles, Veuve Ferdinand Larcier, 1905.

On ne peut qu'applaudir à tous les essais qui tendent à rendre plus accessibles au grand public les études préhistoriques. A ce titre, l'ouvrage de M. Engerrand sera, nous n'en doutons pas, le bienvenu.

Il s'adresse avant tout au lecteur belge, car la préhistoire dont l'auteur s'occupe est principalement celle de la Belgique. Aussi bien, il se passera quelque temps encore avant que l'on puisse réaliser la synthèse générale de la préhistoire du globe tout entier. Néanmoins, l'auteur fournit suffisamment d'indications sur des régions étrangères, pour que l'ensemble de la question préhistorique en Belgique reçoive de là son complément nécessaire.

La première leçon de M. Engerrand, intitulée *Considérations générales*, définit la préhistoire et expose brièvement les origines et le développement de cette science. Rien de nouveau à signaler ici, les faits rapportés par M. Engerrand sont bien connus. On sera cependant quelque peu surpris de la façon dont il cite, page 10, le témoignage de Marbode, relatif aux Céraunies. " Marbode, dit-il, dans la *Dactylothèque*, qui date de la décadence romaine, parle longuement des *pierres de foudre*. „ En effet, Marbode, qui vivait au XIe siècle, ne peut être daté de la décadence romaine. Quant à la *Dactylothèque*, nous nous demandons en vain ce que cela peut vouloir signifier. La citation de Marbode *de Ceraunia* forme le chapitre XXVIII du *Liber lapidum* ou *De gemmis* (voir *PL.*, t. CLXXI, col. 1756-1757), mais aucune œuvre de Marbode n'est intitulée *Dactylothèque*.

De ci de là, moins pourtant que chez d'autres auteurs qui ont traité de la préhistoire, perce le désir d'être un peu désagréable aux croyants. Ainsi, page 11, M. Engerrand aurait pu se dispenser de dire que Mercati présente " des déductions intéressantes bien qu'il essaie d'accommoder sa découverte avec la Bible „. De même, page 13, l'aveuglement de Cuvier est attribué à d'ardentes convictions religieuses. Page 21, il y a un alinéa franchement mauvais sur les rapports de la Bible et de la science préhistorique.

Dans la deuxième leçon, l'auteur examine la question de l'homme tertiaire. M. Engerrand admet que l'on ne possède pas à l'heure présente de traces de la présence de l'homme à

l'époque tertiaire. Mais pour lui, les silex de Thenay, de Puy-Courny, d'Otta et de quelques autres localités ont été utilisés par un précurseur de l'homme, l'anthropopithèque de Mortillet ou le *Pithecanthropus* de M. Dubois. M. Engerrand est plein d'admiration pour ces prétendues découvertes. " C'est là, dit-il (page 49), un des exemples magnifiques des résultats auxquels est arrivée la science moderne à déterminer l'existence d'un être aujourd'hui disparu, à l'aide des seules données théoriques „ et page 63 : " Nous ne savons véritablement ce que nous devons admirer le plus en ceci, de la hardiesse de ces savants, ou de la puissance de leur logique qui les conduisait ainsi à admettre l'existence d'un être entièrement hypothétique. Ce n'était plus la divinité qui faisait l'homme d'un peu de limon, c'était le génie humain qui reconstituait notre ancêtre de toutes pièces. „

Cet accès de lyrisme n'est point justifié par la réalité des faits. Malgré l'enthousiasme de M. Engerrand, il s'en faut de beaucoup que le précurseur de l'homme soit une vérité scientifique indubitablement démontrée. Bien des savants se refusent carrément à souscrire à l'hypothèse de M. de Mortillet. Quoi qu'il en soit, M. Engerrand est aussi beaucoup trop affirmatif en ce qui concerne le *Pithecanthropus erectus* de Java. On n'a pas encore, que nous sachions, répondu victorieusement aux objections de M. Houzé (1).

La troisième leçon de M. Engerrand est tout entière consacrée à la question des éolithes. On y trouve un exposé très clair et un résumé fort méthodique des travaux de M. Rutot et d'autres géologues sur cette nouvelle période préhistorique. Nous n'insisterons pas davantage sur ce point qui a été naguère étudié ici même par M. l'abbé J. Claerhout (2), et nous rappellerons que M. de Lapparent vient de donner le coup de grâce à cette prétendue découverte (3).

L'auteur distingue, dans la période paléolithique, deux phases successives ; il leur donne les noms de paléolithique supérieur et inférieur. Ces deux époques font l'objet de la quatrième et de la cinquième leçons. C'est surtout l'apparition de l'os travaillé qui sépare le paléolithique inférieur et le supérieur. La distinction est donc réelle et parfaitement justifiée. Pour chacune des périodes, M. Engerrand examine successivement les industries,

(1) Cf. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, juillet 1896, 2e série, t. X, pp. 311-316.

(2) IBID., octobre 1905, 3e série, t. VIII, pp. 660-662.

(3) *La Fable éolithique*, dans LE CORRESPONDANT, 23 décembre 1905.

la faune et la flore, les conditions climatériques et les données ethnogéniques. Quoique fortement condensé, cet exposé succinct est très exact et très complet. Ajoutons que la critique de l'auteur est, en général, très ferme dans cette partie de son ouvrage ; à l'exception toutefois de la dernière phrase (page 186). Nous protestons, avec Max Müller, contre la théorie qui y est émise que l'homme ait dû jamais se dégager de l'animalité, et il n'est nullement démontré qu'il ait fallu des centaines de millions d'années pour expliquer la succession des phénomènes géologiques que l'on constate pendant la période paléolithique.

Dans la sixième leçon de son livre, M. Engerrand étudie l'époque néolithique. Nous y avons trouvé l'énoncé de tous les faits qui concernent cette période, sauf la mention de la cité lacustre de Denterghem, découverte par M. l'abbé Claerhout, et qui méritait bien d'être signalée. Les évaluations chronologiques nous ont paru aussi beaucoup plus raisonnables que celles qui ont été assignées aux époques précédentes.

Pour l'âge du bronze et du fer, M. Engerrand ne nous donne qu'une page. C'est vraiment trop insuffisant, et à fournir si peu, il eût mieux valu ne rien dire et faire ouvertement la déclaration qu'on n'entendait point s'occuper de cette partie de la science préhistorique. Dans les conclusions qui terminent l'ouvrage de M. Engerrand, nous relèverons encore quelques détails. L'auteur cherche à mettre en contradiction ce qu'il appelle le " concept biblique „ avec les données de la science relatives à l'âge de l'homme. Il trahit par là ou son ignorance de l'état de la question de la chronologie biblique, ou son désir de battre en brèche l'enseignement religieux.

Plus loin, en rappelant la découverte du prétendu *Pithecanthropus*, M. Engerrand éprouve le besoin de dire que certains cherchent " dans des légendes ou des traditions les éléments qui permettraient de faire connaître la vérité sur nos origines „. L'allusion est transparente, mais, encore une fois, la Bible n'est nullement en contradiction avec les données certaines de la préhistoire. Celle-ci ne connaît que l'homme après sa chute, et ne peut rien nous enseigner de ses origines surnaturelles, question réservée à la Révélation.

" Mais, continue M. Engerrand, elle est bien plus féconde la méthode qui ne considère plus l'homme comme échappant aux lois naturelles. „ Distinguons. Nous souscrivons à toutes les découvertes de la préhistoire qui peuvent fournir des renseignements sur la vie naturelle de l'homme, mais celle-ci demeure

impuissante à faire connaître la vie surnaturelle, qui est signalée par d'autres sources d'informations.

En résumé, malgré les divergences que nous avons relevées et qu'il serait aisé de faire disparaître, sans que l'œuvre y perdît rien, le petit livre de M. Engerrand rendra service à tous ceux qui veulent facilement et rapidement s'initier aux études préhistoriques.

J. G.

VIII

SCIENCE ET APOLOGÉTIQUE, par A. DE LAPPARENT, de l'Académie des Sciences. Conférences faites à l'Institut catholique de Paris (mai-juin 1905). Un vol. in-16 de 304 pages de la Collection *Études de philosophie et de critique religieuse*. — Paris, librairie Bloud, 1905.

Le savant éminent, bien connu des lecteurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, qui professe la Géologie à l'Institut catholique de Paris, a abordé, dans une série de conférences faites au même lieu, le sujet, délicat entre tous, des rapports de la science et de l'apologétique. Par la publication de ces conférences, il a élargi son public, et nous voudrions donner une idée aussi exacte que possible de l'inspiration dominante qui l'a dirigé dans cette œuvre.

La simple énumération des titres des chapitres permet de deviner cette inspiration : *Les conceptions de la géométrie. — La science des nombres et la mécanique. — Les sciences d'observation. — L'ordre dans la création. — Le principe de la moindre action. — Les notions d'origine et de fin. — La finalité dans le monde. — L'évolution des doctrines scientifiques. — Les devoirs et les droits de l'apologiste en matière scientifique.*

A cette simple lecture, nous voyons que M. de Lapparent veut, avant tout, mettre son auditeur ou son lecteur au courant des grandes discussions sur les idées fondamentales de la science. C'est ainsi que, dans le premier chapitre, il traite des concepts de l'étendue, de l'origine des axiomes géométriques et des géométries non-euclidiennes. Dans le second, à propos du nombre, il cherche à indiquer, en quelques mots, le mouvement d'idées provoqué par Hilbert et Cantor ; puis il esquisse la crise que

traverse en ce moment la mécanique. Enfin, dans le troisième chapitre, il s'efforce de donner une idée précise des caractères de la physique et du rôle qu'y jouent les mathématiques.

Toute cette première partie présente un caractère exclusivement scientifique, et c'est tout au plus si la philosophie s'introduit dans des conclusions telles que celle-ci, sur les théories physiques : " Dépassant de beaucoup la portée des besoins qui ont engendré la science, l'intelligence cherche à grouper toutes les lois découvertes en une synthèse, qui les rattache étroitement les unes aux autres. C'est le rôle des théories, et on peut dire qu'elles ont bien rempli leur tâche si, même en se renversant les unes les autres, elles n'ont cessé de manifester de plus en plus l'ordre et l'harmonie, dont le besoin inné en nous avait suscité ces incursions dans le domaine de l'hypothèse. "

Faire ressortir cet ordre et cette harmonie dans la création, montrer les indices de finalité que révèle l'étude du monde, voilà l'objet de la seconde partie, celle qui contient tout l'essentiel de la pensée de l'auteur. Ici apparaît le trait peut-être le plus caractéristique de l'œuvre, par l'absence de toute allusion au *concordisme*, qui a fait couler tant d'encre pendant le XIXe siècle. Il n'y a pas beaucoup d'années, un livre sur la science et l'apologétique aurait pu le combattre, mais on aurait difficilement compris qu'il le passât sous silence. Aujourd'hui M. de Lapparent le fait, et c'est un signe des temps.

Puisque c'est là la partie essentielle de son œuvre, arrêtons-nous-y un instant. Si l'auteur restreint sagement le rôle de la science dans l'apologétique, il est bien loin de l'en exclure, et, en cela, il adopte une attitude singulièrement différente de celle d'un autre savant, fort apprécié aussi des lecteurs de la REVUE, M. Duhem. Dans une discussion aussi nette que courtoise, M. de Lapparent fait ressortir cette opposition qu'il eût été fâcheux de dissimuler. Précisément dans un des derniers numéros des ANNALES DE PHILOSOPHIE CHRÉTIENNE (numéro d'octobre 1905), M. Duhem a précisé avec la dernière rigueur la portée de la science telle qu'elle lui apparaît. Répondant à un article, d'ailleurs remarquable, de la REVUE DE MÉTAPHYSIQUE ET DE MORALE, où M. Rey disait que la philosophie scientifique de M. Duhem est celle d'un croyant, celui-ci riposte vivement qu'il a refusé aux théories physiques tout pouvoir de pénétrer au delà des enseignements de l'expérience, toute capacité de deviner les réalités qui se cachent sous les données sensibles. " Par là, dit-il, j'ai dénié à ces théories le pouvoir de

tracer le plan d'aucun système métaphysique, comme aux doctrines métaphysiques le droit de témoigner pour ou contre aucune théorie physique. „ Puis, développant sa pensée, il consacre un paragraphe spécial à montrer que son système dénie à la théorie physique " toute portée métaphysique ou apologétique „. Là, parlant de la loi de Clausius sur la variation de l'entropie, il dit qu'on pourrait, sans peine, construire une thermodynamique nouvelle qui, tout aussi bien que la thermodynamique ancienne, représenterait les lois expérimentales connues jusqu'ici, dont pendant dix mille ans les prédictions marcheraient d'accord avec celles de la thermodynamique ancienne, mais qui ensuite entraînerait une décroissance de l'entropie de l'Univers. " Par son essence même, dit-il, la science expérimentale est incapable de prédire la fin du monde, aussi bien que d'en affirmer la perpétuelle activité (1). „

Par le fait même que M. de Lapparent a principalement étudié une science de caractère historique, comme la géologie, qui cherche forcément, non seulement à reconnaître l'état présent de notre globe, mais à établir, de façon plus ou moins hypothétique, ses états antérieurs qui expliquent l'état présent ; par ce fait même, disons-nous, il doit forcément considérer la science comme ayant pour objet de nous faire connaître des réalités objectives, tout en reconnaissant que cette connaissance ne présente, le plus souvent, qu'une probabilité plus ou moins grande. A l'appui de cette tendance, à laquelle il ne saurait se soustraire, M. de Lapparent apporte d'ailleurs de très sérieuses raisons dans la discussion qu'il fait des idées de M. Duhem (2). On lira aussi avec grand intérêt son paragraphe sur les notions d'origine et de fin, malgré la critique implacable que M. Duhem a dirigée contre des discussions de cet ordre.

Au sujet de la finalité, nous aurions une petite critique à adresser à M. de Lapparent, qui ne nous paraît pas avoir donné à l'expression de sa pensée une précision suffisante. Il y a deux façons de concevoir la finalité, même quand on l'attribue à une cause qui connaît la fin et désire la réaliser. On peut rattacher ces deux conceptions de la finalité aux idées de Malebranche et de Leibniz. Pour ce dernier, Dieu a coordonné tous les phéno-

(1) Pour bien saisir toute la portée de la pensée de M. Duhem, il convient de se reporter aussi à la fin de son étude (numéro de novembre), où, sans rien retirer de ce qui précède, il explique qu'il existe un lien d'*analogie* entre la cosmologie et la théorie physique.

(2) Pages 129 et suiv.

mènes du monde matériel de façon qu'ils répondent jusqu'aux moindres phénomènes psychiques des êtres animés : l'univers se trouve ainsi machiné de façon à réaliser une foule de volontés particulières, et l'on ne voit pas pourquoi des volontés particulières de Dieu seraient moins favorablement traitées que celles de ses créatures. Aussi, pour Leibniz, est-il absolument le meilleur des mondes possibles.

Malebranche considère, au contraire, un monde réalisé ainsi grâce à l'intervention d'une foule de buts particuliers, comme inférieur en beauté à un monde soumis seulement à quelques volontés générales, engendrant des résultats de détail moins parfaits et comportant même de regrettables défectuosités, tels que les monstres. " Non content, dit-il, que l'univers l'honore par son excellence et sa beauté, Dieu veut que ses voies le glorifient par leur simplicité, leur fécondité, leur universalité, leur uniformité, par tous les caractères qui expriment des qualités qu'il se glorifie de posséder. Ainsi ne vous imaginez pas que Dieu ait voulu absolument faire l'ouvrage le plus parfait qui se puisse, mais seulement le plus parfait par rapport aux voies les plus dignes de lui (1). „

L'étude de l'univers rend cette dernière conception plus vraisemblable, car, si l'on y reconnaît l'ordre et l'harmonie que célèbre M. de Lapparent, on n'y sent pas généralement les combinaisons ingénieuses qui auraient préparé chaque résultat particulier. Telle paraîtrait, dans l'ensemble, la conception de M. de Lapparent ; mais, quand il aborde des exemples de finalité, il parle tout à fait comme si Dieu les avait préparés par des volontés particulières. Nous pourrions en donner comme exemple ce qu'il dit des circonstances qui ont favorisé la formation et la conservation des dépôts de houille (2). Mais nous préférons envisager le phénomène du *mimétisme*.

Chez le papillon *Kallima*, les deux ailes du même côté s'associent, quand elles sont relevées, pour imiter une feuille de l'arbuste sur lequel vit l'animal ; la couleur et les détails sont parfaits ; mais il y a plus : l'aile antérieure représente la partie distale, et l'aile postérieure la partie proximale de la même feuille, la nervure médiane de la feuille imitée se continuant exactement d'une aile sur l'autre. Pour parfaire l'imitation, l'aile postérieure se prolonge en une corne qui vient au contact de la

(1) Neuvième *Entretien sur la Métaphysique*.
(2) Pages 190 et suiv.

branche sur laquelle le papillon repose, et cette corne reproduit le pétiole de la feuille ! Nous avons vu de ces papillons, et l'imitation est vraiment extraordinaire.

M. de Lapparent n'hésite pas à voir là la volonté de la Providence. S'il veut dire par là que Dieu a tout combiné systématiquement pour que cette merveilleuse réussite de mimétisme se produisît, nous éprouvons un réel embarras à le suivre. Nous avons tous dit avec Racine :

> Aux petits des oiseaux il donne leur pâture,
> Et sa bonté s'étend sur toute la nature.

Or, la pâture des petits oiseaux, c'est une multitude d'insectes, et n'est-il pas un peu gênant de bénir Dieu en même temps de les leur livrer avec générosité et de prendre tant de soin pour leur soustraire une espèce particulière ? Que s'il s'agit, au contraire, d'une simple réussite des lois peu connues de l'évolution, nous admirerons sans réserve des lois générales et simples, capables de produire de tels résultats. Malebranche, après avoir célébré les merveilles du monde des insectes, manquait à son principe, parce que, impuissant à expliquer ces merveilles par la simple loi de la communication des mouvements, il ne voyait d'autre origine à tous les animaux que leur formation par Dieu, aux jours de la création, avec emboîtement de tous les germes devant se développer successivement. Soyons plus fidèles que lui-même à sa pensée et, moins intransigeants sur l'absolue simplicité des lois de la nature, croyons qu'elles sont assez fécondes pour expliquer des prodiges tels que celui qu'a réalisé le *Kallima*.

Après cette sorte de digression sur un détail, revenons à l'analyse sommaire de l'ouvrage. Après avoir combattu les agnostiques, toujours empressés à élargir le cercle de l'inconnaissable, M. de Lapparent se retourne contre ceux qui font de la science le terrain des certitudes, la clé de tous les mystères. Il est ainsi amené à faire le tableau, nullement chargé, nullement pessimiste, des incertitudes et des variations des diverses sciences.

Enfin nous avons vu que, dans un dernier chapitre, il aborde la question des droits et des devoirs de l'apologiste en matière scientifique. Le droit de critiquer tout ce qu'il y a de faux dans les thèses plus ou moins scientifiques par lesquelles on prétend saper toute religion ne saurait faire de doute, et M. de Lapparent indique sommairement, et de façon généralement heureuse,

quelques-unes de ces thèses qui compromettraient la science, si celle-ci était responsable de ce qu'on dit en son nom. Mais pourquoi se laisse-t-il entraîner à lancer contre l'art contemporain de ces anathèmes absolus qui sont toujours injustes et le sont peut-être aujourd'hui plus qu'en bien d'autres temps? En matière dramatique, par exemple, si la *Nouvelle Idole* de M. de Curel a déjà un certain recul, le *Dédale* de M. Paul Hervieu n'est que d'hier, et le *Duel* de M. Henri Lavedan est d'aujourd'hui. Or, qui pourrait contester la noblesse de pareilles œuvres?

Plus intéressante est la discussion des devoirs de l'apologiste envers la science. M. de Lapparent envisage d'abord la nature des positions à défendre; comme le faisait l'abbé de Broglie, il montre combien il importe de ne pas faire la partie belle aux assaillants, en incorporant dans le domaine de la défense dogmatique des traditions qui n'intéressent pas le salut et n'ont pas trait au dogme. Il fait ressortir le danger de ces livres où des résultats acquis de la science sont dénoncés comme contraires à la vérité religieuse, et il fait à ce sujet quelques citations piquantes, tout en taisant charitablement les noms des auteurs. Ensuite il signale tant d'applications radicalement fausses de principes scientifiques à l'explication naturelle de faits extraordinaires, applications qui prouvent simplement qu'avant de se servir de la science il faut apprendre à la connaître, et, à ce propos, M. de Lapparent donne de sages conseils sur la réserve à observer dans les critiques contre les théories évolutionnistes. Enfin il fait un noble appel à la sérénité qui devrait toujours présider au travail scientifique.

Tout le paragraphe que nous venons de résumer nous paraît excellent, et cependant il y a une note que nous y avons cherchée sans l'y trouver, bien qu'assurément la pensée de l'auteur soit, sur ce point, conforme à la nôtre. Il montre avec raison aux apologistes combien leurs intempérantes critiques contre des conquêtes avérées de la science sont de nature à nuire à la cause sacrée qu'ils défendent; mais il ne leur dit pas qu'ils ont trop souvent l'air de n'estimer qu'un seul ordre de vérités, le plus sacré sans doute; que la vérité sans épithète, sans distinction des objets qu'elle concerne, est une chose sacrée aussi et qu'en dehors de toute utilité apologétique elle a droit au respect de tous. Il ne leur dit pas qu'il faut respecter le savant sincère, qui tâtonne à la recherche de la vérité, et ne pas prétendre l'arrêter à tout instant, parce que ses travaux pourraient scandaliser quelque âme simple. Nous avons traité ailleurs ce sujet

et ne voulons ici que l'indiquer, en ajoutant comme conclusion, à laquelle adhérera sans doute sans réserve la pensée si haute et si sincère de M. de Lapparent, cette parole empruntée à un homme qui, pour n'être pas catholique, n'en est pas moins un grand chrétien : " Rappelez-vous que la foi, pour être efficace, doit avoir pour compagne la bonne foi, dans le sens le plus complet de ce terme „ (1).

G. LECHALAS.

(1) ERNEST NAVILLE. *La Philosophie et la Religion*, page 89. Nous ne résistons pas au désir de reproduire ce conseil, donné à la généralité de ceux qui enseignent la religion : " Annoncez l'Évangile dans sa simplicité, en le séparant autant que possible des surcharges de la théologie. Placez les grandes vérités de la foi en face des cœurs, des consciences, de la vie. Évitez les conflits de détail de la théologie et des sciences : ils ne se produisent qu'à la circonférence du domaine religieux ; attachez-vous au centre et ramenez-y continuellement l'attention de ceux qui vous ecoutent. „

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

BIOLOGIE GÉNÉRALE

AUTOUR DE LA GÉNÉRATION SPONTANÉE. LE RADIUM ET LA VIE

Le lecteur ne doit espérer ni redouter que nous entonnions après tant d'autres notre hymne au radium. Nous estimons suffisante la documentation psychologique réservée à nos arrière-neveux par la récente efflorescence du lyrisme scientifique de nos contemporains. Passé les portes du laboratoire, les faits, entraînés dans le grand courant de la publicité, s'amplifient et se dramatisent : les espoirs qu'ils font naître se haussent à même ; puis, tôt ou tard, dans ce décor d'épopée, la vérité expérimentale se trouve bien simple, bien modeste, bien vulgaire, et, pour tout dire, bien dépaysée. Que ce soit l'excuse de cette brève chronique, qui n'aura rien du dithyrambe.

Tout biologiste, je crois, souscrira volontiers à cette proposition de Weismann : " La question de l'origine de la vie est un problème qui attendra longtemps encore sa solution „ (1). Par ailleurs, le sens même de cette solution se trouve nécessairement impliqué dans l'*attitude métaphysique* que l'on adopte vis-à-vis du problème plus général de l'essence même de la vie. Attitude métaphysique ? Eh ! oui, c'est triste à dire, mais, en ce domaine de la biologie générale, je ne sache pas que beaucoup de savants aient gardé la parfaite neutralité d'un agnosticisme

(1) A. Weismann. *Vorträge über Descendenztheorie.* Jena, 1902, t. I, p. 6.

conséquent avec soi-même. Donc, les *métaphysiciens* vitalistes d'une part, reconnaissant dans l'être vivant quelque chose de plus que de pures interactions physico-chimiques, doivent bien chercher les antécédents de ce " quelque chose „ en dehors du monde physico-chimique ; d'autre part, les *métaphysiciens* mécanicistes, de quelque confession qu'ils se réclament, sont acculés logiquement à expliquer l'origine de la vie par une " auto-organisation „ de la matière inorganique, par une " génération spontanée „, peut-être actuellement impossible, mais, en tous cas, réalisée à un moment quelconque de la durée." Je ne vois aucune possibilité, écrit Weismann, d'écarter l'hypothèse d'une génération spontanée : elle est pour nous une nécessité logique (1). „ Et, en fait, beaucoup de biologistes acceptent cette conséquence inéluctable de leurs opinions philosophiques. " D'aucune façon, proclame Max Verworn, nous n'échapperons à cette conclusion, que la substance vivante est sortie quelque jour de ces autres substances que nous avons accoutumé d'appeler non vivantes (2). „

On conçoit dès lors l'intérêt théorique de certaines recherches susceptibles peut-être de jeter quelques lueurs sur ce mystère des origines de la vie. Malheureusement, beaucoup de ces recherches se montrèrent moins significatives qu'elles n'avaient paru de prime abord. Quel émoi lorsque, pour la première fois, on réalisa en laboratoire des synthèses organiques qui semblaient l'apanage exclusif de la matière vivante ! C'était comme une mainmise sur la vie. Il fallut en rabattre. Bientôt néanmoins l'on croit prendre sa revanche. Voici qu'on décompose l'activité totale de l'être vivant en activités secondaires, soigneusement isolées en vue d'une étude méthodique ; rien de mieux, mais pourquoi cet étonnement naïf et triomphant, lorsqu'on ne trouve dans les manifestations de ces activités que des phénomènes physico-chimiques ? Un prophète de médiocre clairvoyance eût pu prédire ce résultat, et l'énigme de la vie subsistait tout entière.

Une seule démonstration eût été péremptoire : celle qui consistait à montrer expérimentalement la vie s'organisant au sein de la matière brute. Longtemps, une observation insuffisante permit de croire que la nature prodiguait cette démonstration. La controverse fameuse entre Pasteur et Pouchet ruina définitivement l'édifice de preuves dont s'étayait la croyance à une géné-

(1) A. Weismann, *op. cit.*, t. II, p. 412.
(2) Max Verworn, *Allgemeine Physiologie*. 4e Aufl. Jena, 1903, p. 335.

ration spontanée actuellement réalisable. Malgré le nouvel et récent effort de Bastian (1), qui garde une foi robuste en la génération spontanée et défend envers et contre tous cette autre cause perdue qu'est la génération équivoque, on s'accordera presque unanimement à déclarer, comme Ch. Richet, qu' " en tous cas, actuellement, on doit dire qu'il n'y a pas de génération spontanée dans les conditions expérimentales connues (2) ".

Pouchet et Bastian étaient sur une fausse piste ; la persévérance de ce dernier à la suivre en dépit du scepticisme général confine à l'obstination. Plus avisés peut-être furent ceux qui, renonçant, provisoirement du moins, à voir germer des organismes aussi définis que des protozoaires ou des bactéries dans des milieux de culture, qu'on soupçonnera toujours d'avoir été mal stérilisés, s'efforcèrent de combler *petit à petit* l'abîme qui sépare la matière nettement inorganique et la matière nettement vivante, tâchèrent de saisir dans le monde minéral les moindres velléités d'organisation, les lois de transformation des équilibres morphologiques et chimiques un peu complexes, bref, tout ce qu'ils pouvaient considérer comme les signes avant-coureurs de la vie. Pareilles recherches, dussent-elles finalement proclamer " l'autonomie " de la vie, ne sauraient être superflues, car, qui peut se flatter — fût-il vitaliste — de définir actuellement le *minimum* de caractères qui seraient le signe et l'effet d'une énergie nouvelle transcendant l'inorganique ?

Plusieurs des tentatives faites pour reproduire artificiellement quelqu'un des phénomènes vitaux élémentaires sont restées classiques et constituent un des premiers chapitres de la " cytomécanique " : qu'on veuille se rappeler les préparations mousseuses de Bütschli (1892-1894) et de Rhumbler (1896), reproduisant d'une manière satisfaisante la structure alvéolo-réticulée du protoplasme ; les observations de Bütschli et de Quincke (1888) sur les mouvements des gouttelettes d'une émulsion ; les modèles mécaniques de Heidenhain (1895) ; les asters (Morgan 1896) et les fuseaux artificiels (Henking 1893, Ziegler 1895, Gallardo 1896, S. Leduc plus récemment) ; l'ingénieuse interprétation donnée

(1) Bastian, H. C. *Studies on Heterogenesis.* London, 1904. — *Archebiosis and Heterogenesis.* NATURE, vol. 71, nov. 1904. — *On the Origin of Flagellate Monads and of Fungus-germs from minute Masses of Zooglaea.* IBID., nov. 1904.

(2) Ch. Richet, *La génération spontanée.* Article destiné au *Dictionnaire de Physiologie* du même auteur et reproduit dans la REV. GÉN. DES SC., t. 15, 1904, p. 404.

par Rhumbler de quelques traits de la division cellulaire, etc. Toutes ces recherches ont leur intérêt, mais il ne viendra en l'esprit de personne qu'elles acheminent très avant dans l'explication de la vie.

La plasmologie. — Entretemps naissait à Naples, dans les laboratoires de von Schrön, une science nouvelle, appelée peut-être à quelque avenir et à coup sûr intéressante : la plasmologie. Au cours d'études bactériologiques, von Schrön eut l'attention attirée sur la manière dont cristallisaient certaines sécrétions albumineuses de bactéries : durant toute une phase de leur formation ces cristaux lui parurent présenter, à peu près, l'allure de petites masses vivantes. Il étendit alors ses recherches aux solutions minérales et y constata les mêmes phénomènes. Voici — sommairement — quelques-uns des principaux (1).

Il y a dans l'existence des produits solubles un moment particulièrement important : c'est celui où l'équilibre instable d'une solution, à point pour cristalliser, vient à se rompre. Que se passe-t-il alors ? Dans la masse homogène de l'eau-mère, dans le *pétroplasme*, se détache une sorte de globule, visible grâce à un indice de réfraction différent de celui du liquide. A l'intérieur de ce globule apparaissent des formations réticulées, puis de petits points obscurs comparables à des noyaux : ce sont les " *pétroblastes* ", les progéniteurs des éléments cristallins. Ces pétroblastes ne restent pas tous enfermés dans le globule : une partie le quitte pour aller donner naissance à d'autres cristaux embryonnaires ; mais le globule est lui-même le siège d'une élaboration cristalline grâce à un ou plusieurs pétroblastes qui y demeurent. Les pétroblastes ne sont pas des corpuscules inertes : ils s'accroissent en attirant à eux les matériaux du pétroplasme environnant et se multiplient — comme les organismes unicellulaires — par division ou par bourgeonnement. Von Schrön, très frappé de ces analogies curieuses avec les phénomènes

(1) Voir : M. Benedikt, *Le Biomécanisme ou néovitalisme en médecine et en biologie*. Traduit par Robert-Tissot, 1re partie. Paris, Maloine, 1901 ; 2e partie, 1904. — Id., *Les Origines des formes de la vie*; Rev. Scient., 1905, p. 417. — F. di Brazza et P. Pirenne, *La Vie dans les cristaux* ; Rev. Scient., 1904, p. 518. — H. Piéron, *Un nouvel aspect de la lutte du mécanisme et du vitalisme. La plasmologie*. Rev. Scient., 1905, p. 452. Nous renvoyons de préférence à cet article, un des plus judicieux qu'ait inspirés la question présente. — Jacques Boyer, *La Vie des cristaux*. Cosmos, 1904.

vitaux, en arriva à la conviction que les cristaux *vivent* réellement durant les stades précristallins et nous laissent leurs squelettes sous la forme de cristaux parfaits. Vie éphémère, dont le professeur napolitain croit lire le cycle entier dans les 12 000 micro-photogrammes où il en a fixé maintes et maintes fois toutes les étapes, mais aussi vie spontanément organisée au sein d'une solution inorganique, " génération spontanée " au sens le plus rigoureux du mot. La vie n'est pas l'apanage du germe organique, la vie est une propriété moléculaire.

Ces vues de von Schrön trouvèrent quelque écho, notamment chez le professeur de Vienne, Moriz Benedikt, qui les rappela à ses lecteurs dans une brochure récente (1). Depuis elles furent vulgarisées de ci de là et eurent la bonne fortune de prendre le public par les yeux autant et plus que par l'esprit, grâce à de très nombreuses et très jolies reproductions photographiques. C'étaient tantôt de belles cellules de quartz, rappelant par leur ampleur et la netteté de leur noyau certaines grandes cellules glandulaires de tissus animaux ; tantôt des figures précristallines d'acide salicylique simulant une agglomération de cellules nerveuses bipolaires ou pluripolaires; tantôt des rhomboèdres d'acide urique, encore munis d'un noyau, mais déjà saisis par la rigidité de l'état cristallin, et ainsi de suite. Puis un savant mexicain, M. Herrera, qui s'est fait le traducteur de la brochure de Benedikt (2), vint ajouter à la galerie de von Schrön les tableaux étranges que lui avaient dessinés complaisamment les silicates : non seulement des cellules et des noyaux, des amibes, des bacilles, mais des diatomées, des radiolaires, des hyphes et des asques de champignons, des figures en spirème et jusqu'à des méduses et des lombrics. De son côté, M. S. Leduc avait obtenu des formes remarquables par des procédés relativement simples: fuseau et asters de la karyocinèse (3), tissus liquides à belles cellules nucléées polyédriques, tissus gélatineux, dont les cel-

(1) M. Benedikt, *op. cit.*, 1904.— Id., *Krystallisation und Morphogenesis. Biomechanische Studie.* Wien, 1904.

(2) M. Benedikt et A. Herrera, *El Biomecanismo o Neovitalismo en Medicina y en Biologia.* Mexico, 1904.

(3) S. Leduc, *Diffusion des liquides. Son rôle biologique.* C. R. Ac. Sc. Paris, 1904 (5 déc.).— Relativement aux phénomènes de la karyocinèse, signalons un travail récent, qui rappelle les recherches de Gallardo : Prof. M. Hartog, *The Dual Force of the dividing Cell.* Part. I. *The Achromatic Spindle-Figure elucidated by Magnetic Chains of Force.* Proc. Royal Society, 513 B (19 jan. 1905).

lules, à membranes nettement marquées, donnent l'impression d'un parenchyme végétal, et autres curiosités de ce genre. Plus d'un lecteur, peu familiarisé avec la morphologie cellulaire, dut se dire, en voyant passer ce défilé d'ébauches vitales, que le domaine de la vie organique était décidément entamé par la matière minérale.

Les radiobes. — Il nous reste à signaler la dernière en date de ces tentatives biomécaniques. Nous en empruntons l'exposé à son auteur responsable, M. John Butler Burke, un jeune physicien irlandais du " Cavendish Laboratory " de Cambridge (1). Étudiant le mode de formation des équilibres moléculaires instables, il fut amené à se demander si de pareils groupements ne s'édifieraient pas, dans certaines substances organiques, sous l'action du radium. L'expérience était relativement aisée. Un bouillon de culture contenant une forte proportion de gélatine fut distribué entre plusieurs tubes. Une partie de ceux-ci reçurent en même temps une petite quantité de sels de radium : bromure ou chlorure ; les autres tubes servirent de contrôle. Le tout avait été soigneusement stérilisé, à 130° C, selon les procédés ordinaires. Or, après 24 heures environ dans les bouillons saupoudrés de bromure, après trois ou quatre jours dans les bouillons saupoudrés de chlorure, se montra à la surface de la gélatine une apparence analogue à celle des cultures microbiennes, apparence qui, en quinze jours, envahit la masse vers le bas, jusqu'à un bon centimètre de la surface. De plus, la portion de la gélatine où siégeait l'apparence en question déviait à gauche le plan de la lumière polarisée. Dans les tubes de contrôle, ni apparence de culture, ni pouvoir rotatoire. L'examen microscopique amena de nouvelles constatations. La gélatine des tubes de contrôle ne présenta aucune trace de bactéries. Par contre, celle qui avait été soumise à l'action du radium contenait des formations globulaires de dimensions diverses ne dépassant guère 0,3 μ. " Un examen attentif et prolongé de leur structure, de leur manière d'être et de leur développement, écrit M. J. Burke, me permet à peine de douter qu'ils ne constituent des corps hautement organisés, bien qu'ils ne soient pas des bactéries. " Que ce ne soient pas des bactéries, on l'admettra facilement, puisque la stérilisation, comme le prouvent les tubes-témoins,

(1) John Butler Burke, *On the spontaneous action of radio-active bodies on gelatine media.* NATURE, t. 72, mai 1905, p. 78. Voir aussi IBID., juill. 1905, p. 294 et t. 73, nov. 1905, p. 5.

n'a rien laissé à désirer et que d'ailleurs ces nouveaux corpuscules ne donnent pas de sous-cultures. Mais pourquoi leur attribuer une organisation supérieure à celle des cristaux ordinaires? C'est, répondra M. J. Burke, qu'ils ne sont pas des " agrégats statiques „ comme les cristaux, mais des *agrégats dynamiques*. En effet, le corpuscule — le *radiobe*, puisqu'il faut l'appeler par son nom — s'accroît, se multiplie et dépérit. Une limite constante est imposée à sa croissance, et M. Burke attache à ce fait une importance particulière, parce qu'il y voit l'indice d'une adaptation des relations internes aux relations externes, c'est-à-dire, d'après lui, un signe de " vitalité „. Un " radiobe „ serait donc un organite intermédiaire entre un cristal et un protoplasme vivant typiquement constitué : il se forme sous la seule action des énergies inorganiques, en dehors de toute influence vivante ; d'autre part, avec un peu de bonne volonté, on dirait qu'il *vit*.

Ne tiendrions-nous pas cette fois le chaînon tant cherché entre le règne minéral et le règne organique ?

Ce n'est pas l'avis de tout le monde, tant s'en faut. Les meilleures autorités scientifiques de Grande-Bretagne observèrent dès l'abord une prudente réserve. En juillet dernier (1), Sir William Ramsay émit publiquement ses doutes et fit entrevoir des possibilités d'explication qui réduisent notablement la portée de la découverte de J. Burke.

Le seul fait qui pût servir de base sérieuse à l'interprétation proposée par J. Burke était la croissance et le bourgeonnement des corpuscules gélatineux. Sir William Ramsay montre que ce fait est susceptible d'une explication mécanique relativement simple. " L'émanation (de radium) dissoute dans l'eau, la décompose en ses gaz constituants, l'oxygène et l'hydrogène. Et il y a proportionnalité entre le degré de décomposition de l'eau et le degré d'altération de l'émanation. Au début, lorsque celle-ci est récente et, par conséquent, relativement abondante, la quantité des gaz libérés est comparativement considérable ; puis, à mesure que l'émanation se raréfie, la décomposition se ralentit, une moindre quantité de gaz étant produite durant la même unité de temps. „ D'autre part, " la solution de l'émanation dans l'eau possède la curieuse propriété de coaguler l'albumine. On ignore la nature précise de la transformation ainsi déterminée. Toujours est-il que, l'émanation une fois mise en présence d'un liquide qui contient

(1) William Ramsay, *Le radium peut-il donner la vie ?* REVUE GÉN. SCIENC., t. 16, 1905, p. 801.

de l'albumine, il se constitue dans ce liquide des cellules ultramicroscopiques „ par l'effet combiné du dégagement gazeux et de la coagulation de l'albumine. Appliquons ces données aux expériences de J. Burke. " M. Burke emploie du bromure de radium, solide, en fine poudre. Il en éparpille quelques minuscules grains sur son bouillon gélatiné. Celui-ci n'étant qu'à demi solidifié, il est à peu près certain que les grains de bromure de radium s'enfoncent quelque peu au-dessous de la surface. Ils se trouvent ainsi dans les conditions voulues pour, en se dissolvant, décomposer l'eau, c'est-à-dire pour libérer de l'oxygène et de l'hydrogène en même temps que de l'émanation, laquelle reste mélangée à ces gaz. Il se forme de la sorte des bulles minuscules... Et l'action coagulatrice exercée par l'émanation sur l'albumine du milieu étudié fournit à chacune de ces bulles la membrane voulue pour qu'elles affectent l'aspect d'autant de cellules... „ Voilà pour l'origine des radiobes : simples " poches „ gazeuses. Voici maintenant le mystère de leur croissance. " L'émanation qui se trouve également enclose dans cette espèce de poche continue à décomposer l'eau, puisqu'elle (l'eau) diffuse à travers la paroi, et avec d'autant plus de facilité que celle-ci est naturellement humide. Cette diffusion n'est cependant pas assez rapide pour empêcher l'accumulation des gaz et, par suite, l'éclatement de la bulle, éclatement qui peut se produire sur plus d'un point. „ Et le bourgeonnement ? C'est bien simple. " Les gaz qui s'échappent par ces crevasses entraînent avec eux un peu de l'émanation, qui les dote immédiatement d'une poche nouvelle greffée sur la première. Il en résulte que celle-ci ressemble à une cellule de levure, et la seconde à un bourgeon... „ " Et ce processus se réitérera nécessairement tant que le radium continuera à engendrer de l'émanation, c'est-à-dire ni plus ni moins que pendant des milliers d'années. Les " organismes „ de M. Burke ont donc devant eux une belle perspective de longévité. „

Il reste, par conséquent, de moins en moins vraisemblable que le radium puisse faire surgir la vie dans la matière brute et il faudra se résigner à éteindre ce rayon d'une gloire bien assez touffue encore. Du reste, s'il faut en croire M. W. A. Douglas Rudge (1), les sels solubles de baryum produiraient sur la gélatine les mêmes merveilleux effets que les sels de radium : gloire partagée, gloire amoindrie.

(1) W. A. Douglas Rudge, *Action of Radium Salts on Gelatin*. NATURE, t. 72, oct. 1905, p. 631.

Cette réduction de l'aventure des radiobes à des proportions qu'elle n'eût jamais dû dépasser, achèvera sans doute d'éteindre une querelle de priorité qui s'est élevée entre M. Burke et M. Raphaël Dubois (de Lyon). Celui-ci, indépendamment du premier, avait obtenu des cellules gélatineuses, de " grosses vacuolides ", sous l'action des sels de radium, de baryum et de manganèse (1). M. Burke proteste (2) contre l'identification de ces vacuoles, visibles à grossissement moyen et de structure probablement cristalline, avec les vrais radiobes, infiniment exigus, dont l'observation exige l'emploi des objectifs les plus puissants, car ils atteignent à peine la taille des plus petits diplococcus. Faut-il après cela débouter M. Dubois de ses prétentions et déclarer *that his claim to priority is quite irrelevant?* Nous n'avons pas à trancher ce litige ; essayons plutôt de tirer la morale des pages qui précèdent et d'apprécier à leur juste valeur les expériences qu'elles relatent.

Si une trouvaille sensationnelle ne vient réhabiliter les radiobes, l'engoûment du grand public fera bientôt place à l'indifférence, peut-être au dédain, ce qui serait injuste. La foule, même instruite et cultivée, aime les coups de théâtre, et des acteurs qu'elle grandit exige qu'ils soutiennent sans faiblir leur rôle factice. Qui ne voit que ce procédé est aux antipodes de la méthode scientifique, faite tout entière de calme, de patience, de mesure et d' " objectivité " ? On pourrait écrire sur la porte des laboratoires le fameux " odi profanum vulgus et arceo ". Or, les radiobes relèvent avant tout du laboratoire. Certes, nous nous permettons de trouver leur baptême prématuré, mais nous ne voudrions pas méconnaître l'intérêt sérieux qu'ils peuvent présenter au point de vue de la cytomécanique. Il convient de leur donner une place à côté des formations précristallines. Celles-ci offrent, il est vrai, des apparences morphologiques rappelant parfois plus nettement des tissus organiques, mais elles se produisent aux dépens de substances infiniment éloignées, dans leur constitution chimique, des albumines vivantes ; autrement en va-t-il des bouillons gélatineux de Burke, et les transformations qui s'y manifestent empruntent de ce chef une signification plus spéciale.

Il nous reste à préciser la signification biologique de la plasmologie et en général de la cytomécanique. Il ne viendra à la

(1) Voir R. Dubois, *La génération spontanée par le radium : éobes et radiobes.* REVUE DES IDÉES, 15 juill. 1905.

(2) Voir NATURE, juill. et nov. 1905.

pensée de personne — et de M. Herrera moins que de tout autre — d'assimiler les lombrics, les méduses, les radiolaires ou même les amibes silicateux aux modèles vivants qu'ils copient grossièrement. De même la ressemblance des cellules et des tissus de MM. von Schrön et S. Leduc avec les cellules et les tissus authentiquement vivants est bien superficielle, et n'émouvra que médiocrement un biologiste un peu familiarisé avec les détails de la morphologie cellulaire. Ressemblance lointaine, bornée aux grands traits, mais qui pourrait être infiniment plus parfaite sans qu'on eût le droit de s'en étonner... Quant aux aptitudes dynamiques de ces formations, quel est le biologiste étroit qui eût pu les dénier *à priori* à des agrégats purement minéraux? L'être vivant n'a pas le monopole de l'énergie, on le savait depuis longtemps ; il n'a pas même le monopole d'une certaine tendance morphogénique, comme la cristallographie en avait fait foi. Pourquoi des agrégats inorganiques ne présenteraient-ils pas des phénomènes analogues à la croissance et au bourgeonnement ?

Mais j'entends une objection : où, dans ce cas, faire passer la limite entre le vivant et le non-vivant ? Ceci pourrait n'être qu'affaire d'école, ou pure question de terminologie. Mais si nous cherchons la démarcation objective qui serre de plus près le sens commun, nous nous servirons avec avantage du critérium séculaire de l'aristotélisme. Voici. L'étude du monde minéral fournit un certain nombre de lois générales qui régissent les activités de ce que nous appelons la *matière brute* ; de plus, l'exercice de ces activités est universellement soumis à certaines conditions d'espace et de temps. Passons maintenant aux êtres auxquels le sens commun attribue la vie *à coup sûr*. Nous y constatons un certain nombre de propriétés analogues à celles du monde minéral ; puis des modes d'activité plus complexes, qu'une analyse attentive permettrait néanmoins de considérer isolément comme de simples résultantes des activités élémentaires de la matière ; enfin, par dessus tout cela, ou plutôt compénétrant et ordonnant tout cela, un système *de régulations et de corrélations*, qui ne se laissent pas réduire en composantes inorganiques et dont la mise en œuvre échappe *jusqu'à un certain point* aux nécessités spatiales des énergies physico-chimiques (1). Cette irréductibilité, cette

(1) Nous ne pouvons faire ici la glose ni la preuve de cette proposition. Le lecteur se reportera avec fruit à un article récent, où le Prof. Grégoire a vulgarisé ces notions délicates avec une grande solidité philosophique et une rare compétence (*Le Mouvement antimécaniciste*. Rev. Quest. Scient., t. 58, oct. 1905).

différence profonde dans le modè d'action, cette " autonomie ", pour employer l'expression de Hans Driesch, partout où elle se trouvera réalisée, sera le signe d'une activité nouvelle débordant les activités inférieures ; dans le cas présent, elle sera le signe de la vie. En termes expérimentaux, la question de la limite du vivant et du non-vivant se pose donc comme suit. Voici un " agrégat dynamique " : vit-il ? Je vous réponds par cette alternative : Une analyse consciencieuse vous y a-t-elle montré "autre chose " qu'une application plus ou moins complexe des lois mécaniques, physiques et chimiques ? — Non. Alors il ne vit pas : ce n'est qu'un ingénieux mécanisme. — Oui. Dans ce cas, disons qu'il vit. Et je ne prétends nullement que votre réponse puisse toujours être aussi catégorique: il se présentera — surtout parmi les organismes inférieurs — des sujets douteux pour lesquels la preuve d'une " autonomie " serait malaisée à établir. Vous tâcherez alors de fonder votre conviction sur d'autres indices, par exemple sur des analogies de structure et de fonctionnement, et vous vous contenterez d'une probabilité plus précaire.

Revenons à la plasmologie et à la cytomécanique. On y réalise au moyen des seules forces physico-chimiques quelques phénomènes analogues à ceux qui se rencontrent universellement chez les êtres vivants. La constatation est fort intéressante; que prouve-t-elle ? Que la vie s'est organisée spontanément dans la matière brute ? Nullement, mais elle nous montre mieux jusqu'à quel point la matière vivante est soumise aux lois générales des équilibres morphologiques et chimiques; elle permettra peut-être de mieux définir de quelle manière l'énergie vitale interfère avec les causalités extérieures. Aucun vitaliste ne prétend que la forme, la structure ou les réactions chimiques de l'être vivant soient l'effet exclusif de l'énergie vitale : elles sont l'effet combiné et progressif d'une tendance interne et de diverses causalités extérieures (1). Un vitalisme bien compris ne peut qu'accueillir avec faveur tout ce qui lui permettra de se formuler d'une manière plus nette : rien ne l'empêche donc de fraterniser avec la plasmologie et la cytomécanique.

Aussi, du point de vue même du vitalisme, est-ce avec plaisir et sans la moindre appréhension que nous avons vu surgir, ces dernières années, divers genres de recherches, considérées par

(1) La Revue publiera ultérieurement un aperçu de l'état actuel des recherches dans le domaine de la morphologie expérimentale.

plusieurs comme un appoint au mécanicisme. Telles, par exemple, les expériences de M. Chunder Bose (1), sur la " sensibilité des métaux „ à l'excitation électrique ; sur les phénomènes de " fatigue „, de " repos „, d' " empoisonnement „, etc., qu'ils manifestent... (Il va sans dire que nous n'en tirons pas les mêmes conclusions que M. Chunder Bose...). Tels encore, et surtout, les travaux relatifs aux solutions colloïdales. Le platine colloïdal décompose l'eau oxygénée, comme le font certains ferments du sang, et oxyde l'alcool aussi bien que le mycoderma aceti ; l'iridium colloïdal attaque le formiate de calcium avec autant de succès que certaines bactéries; plusieurs poisons, qui détruisent les ferments organiques ou en entravent l'action, paralysent de même l'activité des métaux colloïdaux (2). Ces analogies d'action, pour intéressantes qu'elles soient, ne donnent pas la clef des phénomènes vitaux. De même, les observations délicates et les hypothèses ingénieuses de M. Jean Perrin (3) sur les phénomènes granulaires des solutions colloïdales ne justifient pas, à nos yeux, l'espoir exprimé comme suit par la chronique de la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES : " En rapprochant les travaux de M. Perrin de la théorie granulaire de la matière vivante, telle que l'ont adoptée de nombreux biologistes, on arrive peut-être à entrevoir comme pas trop lointaine une solution physico-chimique des problèmes biologiques (4) „. Et nous en dirons autant de recherches plus récentes encore, par exemple de celles très méritantes de V. Henri et Larguier des Bancels (5) sur le mécanisme des actions diastasiques et l'application à la physiologie générale des méthodes de la chimie physique.

Il est piquant de constater qu'au moment même où plusieurs chimistes et physico-chimistes accentuaient la note mécaniciste, le Prof. Neumeister (6) — un chimiste, lui aussi, non un pur morphologiste — écrivait, à Iéna, des déclarations comme celles-ci : Les vrais phénomènes vitaux sont intraduisibles en termes empruntés aux catégories physico-chimiques : la vie est une relation réciproque du physique et du psychique. — Les activités

(1) Jagadis Chunder Bose, *Response in the living and non-living*. London, 1902. Voir aussi : JOURNAL DE PHYSIQUE, août 1902.

(2) G. Le Bon, *Énergie intraatomique*, REV. SC., 1903, p. 551.

(3) C. R. ACAD. SC. PARIS, t. 136 et t. 137 (1903).

(4) REV. GÉN. SCIENC., t. 14, 1903, p. 1128.

(5) JOURNAL DE PHYSIOL. ET DE PATHOL. GÉNÉR., 1904, p. 261.

(6) R. Neumeister, *Betrachtungen über das Wesen der Lebenserscheinungen*. Ein Beitrag zum Begriff des Protoplasmas. Jena, 1903.

vitales portent l'empreinte de quelque chose de transcendantal, etc... Bien entendu, ce " psychique „ et ce " transcendantal „ demandent explication, et nous n'y souscririons pas sans réserves.

Si ces lignes tombaient sous les yeux du Prof. Max Verworn, l'auteur très distingué d'une presque classique " Physiologie générale „, nous serions sans doute irrévocablement classé parmi ces " mystiques „ de la biologie, dont la multiplication inspire des craintes sérieuses à la sollicitude scientifique du docte professeur (1). C'est que " le mysticisme est la négation même de la science „... Notre cas d'ailleurs se trouve fort aggravé par l'appel imprudent que nous avons fait à l'autorité de Neumeister et surtout de Driesch. Quoi qu'il en soit de l'opportunité d'altérer à ce point le sens traditionnel du mot " mysticisme „, nous nous bornerons, pour notre défense, à laisser le lecteur résoudre lui-même la question suivante. Au double problème, que Verworn formule à peu près en ces termes : 1. Les processus vitaux dépendent-ils exclusivement des mêmes principes d'activité que les processus de la matière inanimée ? 2. Les processus psychiques sont-ils réductibles aux mêmes principes d'où dépendent les processus matériels ? — *A priori* et en chœur, Max Verworn avec tous les tenants du monisme matérialiste répondent *oui*. Pour nous, fidèles à une méthode qui fait le fond même de l'aristotélisme et de la philosophie scolastique, nous répondons simplement : tout dépend de l'examen des faits, nos principes nous lient au verdict de l'expérience ; mais nous pensons, et c'est bien notre droit, qu'actuellement les faits disent *non*. Qui manque " d'esprit scientifique „ ?...

J. M., S. J.

PHYSIOLOGIE

—

SUR LE MÉCANISME DES SÉCRÉTIONS DIGESTIVES

Le regretté P. Hahn a rendu compte, dans cette Revue, des travaux de Pawlow sur les sécrétions digestives. L'habile

(1) Max Verworn, *Principienfragen in der Naturwissenschaft*. Jena, 1905.

physiologiste russe eut le mérite de mettre en belle lumière expérimentale deux ordres de faits vaguement pressentis par le sens commun : 1° l'influence des sensations et des pures représentations imaginaires, non seulement sur la sécrétion salivaire, mais aussi sur les sécrétions gastriques ; 2° l'adaptation des sécrétions gastrique et pancréatique à la nature des aliments ingérés. Le premier de ces faits apportait une confirmation nouvelle à toutes les expériences d'où l'on avait pu déduire depuis longtemps l'action d'un mécanisme nerveux dans le fonctionnement des glandes digestives ; le second fait ne pouvait guère se concevoir que comme l'effet d'une sensibilité spéciale, d'une sorte d'électivité des terminaisons nerveuses affleurant aux muqueuses qui se trouvaient en contact avec les matières alimentaires. D'où, chez plusieurs physiologistes, la tendance à attribuer une importance trop exclusive à l'action du système nerveux dans les sécrétions digestives. Il fallut en rabattre un peu, et au chapitre de l'*action sécrétoire réflexe* doit se joindre aujourd'hui le chapitre de l'*action sécrétoire humorale*.

Action sécrétoire humorale. Sécrétine et sécrétion pancréatique. — Les principaux pionniers de cette nouvelle conquête furent deux savants anglais, Bayliss et Starling. Ils exposèrent leurs recherches dans une " lecture ", faite devant la Royal Society, le 24 mars 1904 (1). Voici, dégagés de cette communication, quelques points plus intéressants.

Pour Pawlow, la sécrétion pancréatique, aussi bien que la sécrétion salivaire, résulte d'un processus nerveux réflexe. Contre cette manière de voir, une première difficulté surgit bientôt des expériences de Popielski (2) et de Wertheimer (3). On savait que l'introduction d'une certaine quantité d'acide dans le duodénum provoquait la sécrétion pancréatique. Rien en cela qui contredit les vues de Pawlow, l'attaque de l'acide déterminant une réaction réflexe. Mais voici que la sécrétion pancréatique se produisait encore après rupture de toute communication nerveuse de l'intestin et du pancréas avec le système nerveux central, bien plus après extirpation des ganglions du plexus solaire. Les voies du

(1) *The Chemical Regulation of the Secretory Process.* By Dr Bayliss T. R. S. and Prof. Starling T. R. S. (Read before the Royal Society. Croonian lecture). Voir aussi leurs communications antérieures : Journ. Physiol., vol. 28, 1902. — Centralblatt für Physiol., 1902.

(2) Gazette clinique de Botkin, 1900.

(3) Journal de Physiol., etc. Vol. 3, 1901.

réflexe pancréatique — si réflexe il y a — devenaient fort malaisées à reconnaître et, dans ce cas, se trouvaient donc restreintes aux éléments nerveux et aux connexions nerveuses du duodénum et du pancréas.

Bayliss et Starling reprirent la question à ce point et furent assez heureux pour instituer " l'expérience cruciale „, qui consistait, en l'occurrence, à obtenir la sécrétion pancréatique en versant de l'acide dans une boucle intestinale préalablement *isolée de toute communication nerveuse* avec le pancréas et avec le reste du corps. L'arc réflexe ayant été rompu, il fallait bien qu'une autre voie eût assuré la corrélation observée entre l'intestin et le pancréas : ne restait guère que la voie circulatoire. Mais une question se posait alors : était-ce l'acide qui, absorbé par la muqueuse intestinale, était charrié par le sang jusqu'au pancréas et y provoquait la sécrétion ? était-ce une autre substance née sur le parcours et sous l'action de l'acide ? De nouvelles expériences tranchèrent l'alternative. L'acide injecté directement dans les vaisseaux sanguins ne donna lieu à aucune sécrétion. Un élément nécessaire à l'excitation sécrétoire était donc produit, en amont, dans la muqueuse intestinale elle-même. Et, en effet, il suffit de faire agir l'acide chlorhydrique sur les produits de râclage de cette muqueuse pour obtenir un mélange dont l'injection dans le torrent circulatoire amenait une abondante sécrétion pancréatique. Cet excitant sécrétoire originaire de la muqueuse fut appelé *sécrétine*.

Nous ne suivrons pas les auteurs anglais dans l'étude des caractéristiques chimiques — encore toutes négatives — de leur sécrétine. Elle n'est ni un protéide coagulable, ni un ferment, ni un alcaloïde. Comme l'adrénaline, elle est extrêmement oxydable, et comme l'adrénaline aussi, elle jouit de propriétés qui ne sont pas individuelles ou spécifiques au sens limitatif de ces mots : la sécrétine du chien peut provoquer la sécrétion pancréatique, non seulement chez un autre chien, mais chez les vertébrés les plus divers : singe, chat, lapin, oiseau, grenouille, etc...

Sécrétine et sécrétion biliaire. — On sait le rapport étroit qui existe, chez les mammifères supérieurs surtout, entre la sécrétion biliaire et la sécrétion pancréatique : à plusieurs points de vue le concours simultané des deux sucs est indispensable à une digestion normale. Or, il paraîtrait que la sécrétion biliaire est amorcée ou accélérée par le même mécanisme humoral qui excite l'activité du pancréas. Les divers travaux relatifs à cette

question se confirment les uns les autres. Henri et Portier (1), puis Enriquez et Hallion (2) mirent nettement en évidence l'action accélératrice de la sécrétine sur la production de la bile. Bayliss et Starling (3), de leur côté, arrivèrent aux mêmes résultats en injectant dans les veines une solution de sécrétine aussi parfaitement purifiée que possible. Falloise (4) surtout, grâce au soin qu'il prit de n'injecter que des produits débarrassés d'albumoses et de sels biliaires, put établir des conclusions irréprochables. Ces recherches, et d'autres encore, permettent de conclure au parallélisme complet des processus excito-sécrétoires humoraux provoquant d'une part la sécrétion pancréatique et d'autre part la sécrétion biliaire. Dans les conditions physiologiques, le chyme acide, passant de l'estomac dans le duodénum, " engendre, aux dépens d'une prosécrétine contenue dans la muqueuse duodénale, une sécrétine qui, résorbée par les racines du système-porte, est entraînée au foie et en accélère l'activité sécrétoire ", tout en se portant simultanément vers le pancréas pour en exciter et en activer la sécrétion.

Le fait d'une sécrétion humorale — pancréatique et biliaire — est suffisamment établi par les observations rappelées ci-dessus. Enriquez et Hallion l'ont confirmé par une expérience fort élégante. Dans le duodénum d'un chien porteur d'une fistule pancréatique, on injecte une solution faible d'acide chlorhydrique. Le suc pancréatique vient sourdre à l'orifice fistulaire. Peu après le début de cette réaction, on prélève au chien en expérience une certaine quantité de sang, qu'on transfuse à un second chien : une forte sécrétion pancréatique s'établit bientôt chez ce dernier. L'excitation sécrétoire ne peut ici provenir que de la sécrétine contenue dans le sang transfusé. Le fait semble donc bien clair.

S'ensuit-il pourtant que les sécrétions pancréatique et biliaire se produisent *exclusivement* par voie humorale, nullement par voie réflexe ; que par conséquent l'opinion de Pawlow soit totalement erronée ? Pareille affirmation déborderait notablement les prémisses expérimentales ; même, n'en déplaise à plusieurs physiologistes, cet exclusivisme semble condamné par l'expérience suivante, dont nous empruntons l'exposé à Hédon (1904). " La sécrétion pancréatique s'établit encore, lorsqu'on injecte l'acide

(1) C. R. Soc., Biol., 1902, p. 620.
(2) Ibid., 1903.
(3) Journal of Physiology, t. 28, p. 325.
(4) Bulletin Ac. roy. de Belgique, Cl. d. Sc., 1902, p. 945, et 1903, pp. 757-791.

dans une anse intestinale isolée, à connexions nerveuses intactes, mais dont on dérive le sang veineux à l'extérieur, de manière que la sécrétine ne puisse pas se déverser dans le torrent circulatoire. „ Il est donc probable que les deux processus — réflexe et humoral — coexistent et s'enchevêtrent dans l'acte physiologique complexe de la sécrétion.

Régulation qualitative de la sécrétion pancréatique. — Mais à tout le moins le second fait signalé par Pawlow, l'*adaptation* des sécrétions digestives à la composition des aliments ingérés, pouvait-il s'expliquer en dehors d'une influence nerveuse ? En particulier, la régulation, non plus seulement quantitative, mais *qualitative*, de la sécrétion pancréatique, n'indiquait-elle pas une réactivité spéciale des terminaisons nerveuses de la muqueuse intestinale ? C'est ce que pensaient Pawlow et plusieurs de ses élèves : Vasilieff (1), Jablonsky (2), Walther (3). Les tables d'observations qu'ils publièrent soulèvent pourtant une objection ; c'est que l'adaptation qu'elles révèlent est fort imparfaite, bien qu'on ne puisse nier une variation dans les proportions des divers ferments pancréatiques consécutive à l'établissement d'un nouveau régime alimentaire. Popielski (4), en 1903, porte le scepticisme plus loin et se refuse à reconnaître une adaptation véritable du suc pancréatique à la nature chimique des substances en digestion ; les variations observées sont réelles, mais tiennent à d'autres causes.

Il existe cependant un cas bien net d'adaptation du suc pancréatique à la composition chimique de l'aliment ; et il a suggéré à Bayliss et Starling une jolie série d'expériences. Fischer et Niebel (1895) (5), Portier (1898) (6) avaient constaté l'inactivité complète de l'extrait aqueux de pancréas vis-à-vis du lactose. En 1899, Weinland (7) confirma cette observation pour ce qui concernait les animaux soumis à une alimentation d'où le lait était proscrit ; mais il trouva que l'extrait pancréatique d'animaux nourris au moyen de lait, additionné parfois de lactose, contenait une proportion considérable de *lactase*, ferment inversif du sucre

(1) Arch. des Sc. biol. St. Pétersburg, 1893.
(2) Ibid., 1896.
(3) Ibid., 1899.
(4) Centralblatt für Physiol., 1903.
(5) Sitzungsber. K. Preuss. Akad. Wiss., 1895, p. 73.
(6) C. R. Soc. Biol., 1898, p. 387.
(7) Zeitschrift für Biol., t. 38, 1899 et t. 40, 1900.

lactose. La présence d'une lactase dans le suc pancréatique était donc bien réellement déterminée par l'ingestion de lactose en plus ou moins grande quantité.

Quel était le mécanisme de cette adaptation ? Bayliss et Starling tentèrent de l'analyser. Diverses hypothèses explicatives se trouvèrent successivement éliminées. Ainsi, l'on pouvait supposer que la production de lactase par le pancréas était due à la présence, dans le sang, du lactose absorbé au niveau de l'intestin grêle : cette supposition fut écartée par l'inefficacité constatée d'injections intraveineuses de lactose. Mais la muqueuse intestinale elle-même contient toujours une certaine proportion de lactase opérant dans le duodénum l'inversion d'une certaine quantité de sucre lactose ; d'où une double possibilité : la lactase pancréatique pouvait être sécrétée sous l'influence des premiers produits d'inversion, entraînés par le sang jusqu'au pancréas ; elle pouvait aussi n'être que la réapparition de la lactase intestinale, émise en plus grande abondance et partiellement résorbée. L'expérience vint infirmer à la fois ces deux hypothèses. En effet, l'injection de galactose pas plus que l'injection d'une solution très riche en lactase ne fit apparaître la moindre trace de ce ferment dans le suc pancréatique. Restait l'hypothèse d'une régulation purement nerveuse, au sens de Pawlow ; encore une fois, l'expérience s'y montra défavorable. Car d'abord cette influence nerveuse s'accordait malaisément avec la lenteur extrême de la réaction pancréatique : plus d'une heure après injection de lactose dans le duodénum, la lactase n'apparaissait pas encore dans le suc pancréatique. Mais voici qui trancha la question. L'injection intraveineuse ou sous-cutanée d'un extrait, obtenu par macération de l'intestin grêle d'un chien alimenté au lait, provoqua, chez un chien nourri de biscuit, l'apparition du ferment inversif dans le suc pancréatique. Bayliss et Starling reproduisirent huit fois cette expérience avec un succès constant. Elle entraînait une conséquence bien nette : c'est que la formation de lactase dans le pancréas pouvait se produire, indépendamment de toute irritation des terminaisons nerveuses de la muqueuse intestinale, sous l'action d'une " *substance x* " apparaissant dans cette muqueuse à la suite d'une alimentation riche en lactose. Il était naturel de rapprocher cette " substance x " de la sécrétine, de la considérer comme une sécrétine spéciale qui devrait ses propriétés nouvelles à l'action du lactose sur la muqueuse duodénale. Malheureusement, la sécrétine résiste à l'ébullition — qui intervient d'ailleurs dans son procédé de préparation — tandis que la " substance x " est détruite ou du moins

devient inactive par l'ébullition. Il semble donc que cette " substance " soit quelque chose de distinct de la sécrétine, quelque chose qui viendrait, à l'action excito-sécrétoire de celle-ci, ajouter une influence spécificatrice. On pourrait se demander, avec les auteurs anglais, si les variations qui se produisent dans les proportions des trois principaux ferments pancréatiques — trypsine, amylopsine, stéapsine — ne seraient pas réglées par un mécanisme analogue.

Ces recherches ouvrent des voies nouvelles, sans suffire encore à démêler les attributions respectives de la régulation nerveuse et de la régulation chimique dans les processus sécrétoires. Le progrès scientifique se fait par oscillations successives : hier toute régulation était nerveuse, maintenant la vogue passe au chimisme. L'avenir dira peut-être si l'adage " in medio stat virtus " trouve ici son application.

Sapocrinine. — La sécrétine de Bayliss et Starling est obtenue à la suite d'une injection d'acide chlorhydrique dans la première portion de l'intestin grêle. Or, au témoignage de Babkine, l'introduction de *savons alcalins* dans le duodénum provoque elle aussi une abondante sécrétion pancréatique. Ce phénomène fut étudié de plus près par Fleig (1903) (1), qui le trouva absolument parallèle à celui qu'avaient décrit Bayliss et Starling : le suc pancréatique obtenu était identique au suc de sécrétine ; sa sécrétion était provoquée, non par voie réflexe, mais par voie humorale : la substance excito-sécrétoire se formait au niveau de la muqueuse intestinale et, charriée par le sang, allait irriter les cellules sécrétrices du pancréas. Fleig appela cette substance *sapocrinine*, pour la distinguer de la sécrétine qu'il considère comme une *oxycrinine* : leur action physiologique est d'ailleurs identique.

Sécrétion du suc intestinal. — Le *mécanisme* de cette sécrétion laisse encore les physiologistes un peu perplexes. Pour les uns, elle ne s'établit que sous une excitation locale, jamais à distance du segment irrité ; pour d'autres, l'excitation est transmise, par voie nerveuse ou autrement, à des éléments glandulaires éloignés. Delezenne et Frouin (2) ont apporté récemment de précieux éclaircissements à la question. Tout d'abord, la

(1) Journal de Physiol. etc., 1904, 14 janv,
(2) C. R. Soc. Biol., 1904, 20 févr.

divergence de vues des divers expérimentateurs s'explique fort naturellement par le fait constaté, que l'influence à distance ne s'exerce que dans le duodénum et dans la première portion du jéjunum, mais non plus au delà. Selon le segment d'intestin grêle qu'avaient isolé et observé ces auteurs, leur conclusion, relativement à l'influence à distance, fut affirmative ou négative. Ainsi donc, *dans tout le segment supérieur* de l'intestin grêle, une excitation locale détermine une réaction glandulaire étendue. Par quel mécanisme ? Action réflexe ou bien action humorale ? Delezenne et Frouin démontrèrent par d'ingénieuses expériences (rappelant celles que nous avons signalées plus haut) que la sécrétion du suc entérique dans le segment duodénal et jéjunal supérieur était provoquée par *une sécrétine* élaborée dans la muqueuse duodénale au contact du chyme acide. Rien ne différenciant cette sécrétine de celle de Bayliss et Starling, on peut admettre, d'une manière générale, qu'au passage du chyme dans l'intestin, un seul et même excitant sécrétoire s'élabore au sein de la muqueuse duodénale et se distribue par voie sanguine aux trois systèmes glandulaires dont la mise en activité importe, pour l'heure, à la digestion normale : le pancréas, le foie et les glandes de Lieberkühn.

Il convient de ne pas oublier que les expériences établissant le fait d'une action sécrétoire humorale n'excluent en aucune façon — dans le cas de l'intestin pas plus que dans le cas du foie ou du pancréas — la possibilité d'une action réflexe juxtaposée à la première.

Entérokinase. — On sait que le suc pancréatique contient, entre autres ferments, celui que l'on a nommé la *trypsine* et qui a fonction de solubiliser les albumines. Or, le suc pancréatique, tel qu'il sort de la glande, est inactif vis-à-vis des albumines : on admet qu'il ne contient encore qu'une *protrypsine*, un *trypsinogène*, qui se transformera en ferment actif sous l'action de diverses circonstances réalisées dans le duodénum. L'école de Pawlow montra que l'agent de cette transformation était un élément, de l'ordre des ferments, contenu dans le suc intestinal : cet élément reçut le nom d'*entérokinase*. Des *kinases* ayant une action identique furent d'ailleurs trouvées par Delezenne dans les leucocytes, chez certaines bactéries, certains champignons, etc. Que l'entérokinase transforme le trypsinogène en trypsine active, comme le pense Pawlow, ou bien, comme le croit Delezenne, se fixe sur l'albumine pour la *sensibiliser* à l'action de la

trypsine, le résultat pratique est le même, c'est de rendre actif sur l'albumine le suc pancréatique. Or, sur la foi d'un passage — mal interprété — de Heidenhain, on avait cru jusqu'ici que la collation d'activité au suc pancréatique pouvait s'opérer tout aussi bien, sans entérokinase, sous la seule influence des acides dilués ; que, par conséquent, dans la digestion ordinaire, elle était doublement assurée par l'intervention du suc entérique et du chyme acide venant de l'estomac. Encore une conception à réformer, si toutefois nous pouvons nous en rapporter à un mémoire récent de Hekma (de Groninghe) (1) : l'action des acides ne confère au suc pancréatique aucune activité zymotique ; si la protrypsine devient active, *elle le doit toujours à une kinase*, et normalement, à l'entérokinase du suc intestinal.

Kinases artificielles. — Quiconque s'intéresse au progrès de la physiologie générale aura sans doute remarqué toute une série de travaux récents sur les propriétés des solutions colloïdales. Nous y reviendrons, s'il y a lieu, dans des numéros ultérieurs de cette REVUE. On nous permettra cependant de signaler dès maintenant, en deux mots, un des aspects plus rigoureusement biologiques de ces importantes recherches. Comme l'écrivait, il y a peu de temps, Victor Henri, elles " nous font entrevoir que les phénomènes d'agglutination et d'hémolyse, que l'action des toxines, des antitoxines et des venins doivent se ramener à des actions de colloïdes organiques „ (2). Cette vue théorique vient de trouver, grâce à Larguier des Bancels, une réalisation partielle. Appliquant au suc pancréatique et à l'albumine les conséquences de ses recherches antérieures relatives à " l'influence des électrolytes sur l'action réciproque de divers colloïdes „, il créa pour ainsi dire la kinase artificielle, c'est-à-dire qu'il put, par une série de moyens purement physico-chimiques et d'ailleurs excessivement simples, rendre actif sur l'albumine le suc pancréatique inactif (3). Voilà encore un mode d'activité soustrait à l'empire direct et exclusif de la vie.

(1) JOURN. DE PHYSIOL. etc., t. 6, nº 1, p. 25.

(2) *Le Rôle des colloïdes en Biologie*, REV. GÉN. DES SC., 1905, p. 640.

(3) Nous nous permettons de signaler encore deux communications qui nous parviennent au dernier moment : C. Delezenne, *Activation du suc pancréatique par les sels de calcium*. C. R. ACAD. SC. PARIS, 15 nov. 1905 et C. R. SOC. DE BIOL., 18 nov. 1905. — ID., *Sur le rôle des sels de calcium dans l'activation du suc pancréatique. Spécificité du calcium*. C. R. ACAD. SC. PARIS, 27 nov. 1905 et C. R. SOC. DE BIOL., 25 nov. 1905. —

Suppression fonctionnelle du pancréas. — Le suc pancréatique étant le principal agent de la digestion normale, on conçoit que sa suppression doive amener des troubles considérables dans la nutrition. Il semblerait cependant qu'on les a un peu exagérés, et que le pancréas puisse être jusqu'à un certain point *suppléé* par les autres glandes digestives. C'est une des conclusions d'un récent travail de E. Zunz et L. Mayer, qui font bien ressortir cette nouvelle application de la loi si intéressante des suppléances organiques. " La suppression fonctionnelle du pancréas, écrivent-ils, au moins *en tant que producteur du suc pancréatique*, n'a qu'un retentissement minime sur l'état général des animaux opérés, grâce au système habituel de *compensation* (1). „ En effet, la ligature des canaux pancréatiques provoque une intervention beaucoup plus large du suc gastrique d'une part, d'autre part de l'érepsine et des autres ferments intestinaux.

Cette rapide revue de quelques travaux récents suffira sans doute à faire saisir le progrès constant qu'a réalisé, même après les recherches de Pawlow, le chapitre du mécanisme des sécrétions digestives. Ici comme ailleurs, les faits nouveaux ont suscité de nouveaux problèmes, et la question n'est point épuisée, tant s'en faut.

J. M., S. J.

Comme on le sait, le suc de sécrétine est, de soi, inactif. M. Delezenne le rend actif par simple addition d'un sel soluble de calcium. L'action du sel calcique serait-elle donc identique à celle de la *kinase ?* Non ; car le suc pancréatique filtré sur paroi de collodion, n'est plus activable par les sels de Ca, mais bien encore par la kinase proprement dite. Le filtre sépare donc une substance, qui, ajoutée à un sel de Ca, semble douée des mêmes propriétés que la kinase. L'auteur émet, sous toutes réserves, l'hypothèse que les sels de calcium interviendraient dans la formation même de la kinase, par leur action sur une " substance-mère „ commune à tous les sucs inactifs. On serait en présence d'un " processus plus ou moins analogue à celui de la formation du fibrin-ferment „.

(1) *Recherches sur la digestion de la viande chez le chien après ligature des canaux pancréatiques.* MÉM. ACAD. ROY. DE MÉDEC. DE BELGIQUE, 1904 Collect. in-8o, t. 18. — Sur les effets de la ligature des canaux pancréatiques chez le chien. BULL. ACAD. ROY. DE MÉDEC. DE BELGIQUE. 4e série, t. 19, no 8, 1905.

AGRICULTURE

—

L'année 1905 marquera dans l'histoire de l'agriculture en Belgique par les orages répétés et meurtriers qui ont ravagé les récoltes et les fermes sur divers points du pays, et par les nombreux congrès internationaux, tenus à Liége dans le courant de l'été, et dans lesquels les délégués étrangers ont rendu un éclatant et légitime hommage au ministère qui a su transformer, en moins de vingt ans, l'économie rurale de la Belgique par ses réformes scientifiques et économiques. C'est la province de Luxembourg qui a su profiter le plus rapidement des mesures prises par le ministère de l'Agriculture et cela grâce aux hommes de dévouement qui, par leur tact, leur énergie et leur connaissance des besoins de leur contrée, ont su mettre à profit l'enseignement agricole. Cet enseignement a été instauré par M. Proost, le dévoué directeur génénal de l'Agriculture, qui était à cette époque inspecteur de l'Agriculture. Malgré toutes les difficultés inhérentes à ces réformes, il a su créer de toutes pièces un service dont on admire l'organisation à l'étranger. Parmi les hommes qui, sur place, ont secondé ce grand initiateur, nous devons citer M. Bradffort qui a succédé à M. Proost dans l'Administration.

Voulant donner la plus grande propagande possible aux nouveautés scientifiques, le ministère a publié au cours de cette année plusieurs tracts, qui ont été distribués gratuitement aux cultivateurs. Ceux publiés en 1905 traitent les questions suivantes :

Le tract n° 26 s'occupe de l'*exploitation de la volaille* et met en lumière le rôle économique de l'agriculture en Belgique. Il nous apprend qu'au seul point de vue des œufs, notre production est inférieure à la consommation de 70 millions de pièces. Il n'est certes pas impossible de combler ce déficit, car l'exploitation de la volaille est encore susceptible de grands développements. Cette industrie, bien entendue, est d'un grand rapport, contrairement à ce que l'on croit parfois encore dans nos campagnes.

Pour ce qui concerne la race de poule à choisir, on est généralement d'avis qu'il convient de s'en tenir aux races locales, car l'introduction de poules étrangères, et surtout de poules italiennes, présente trop d'inconvénients, notamment au point de vue de l'hygiène.

On préconise d'appliquer aux volailles les procédés de sélection employés pour les autres animaux de la ferme, car les lois de l'hérédité sont les mêmes pour les oiseaux que pour le bétail.

Ce tract n° 26 traite, en outre, de l'incubation et de l'élevage ainsi que de l'alimentation de la poule pondeuse. Des règles d'hygiène y sont bien développées en même temps que les moyens propres à prévenir le choléra des poules qui fait de si grands ravages dans nos poulaillers.

Le tract n° 27 nous initie à l'organisation des écoles ménagères agricoles et des succès que ces dernières ont obtenus. On a exposé dans la deuxième section du Congrès de Liége des graphiques montrant la marche ascendante de ces écoles; au début, les cultivateurs ne voulaient pas entendre parler de cet enseignement, on ne discute plus aujourd'hui les bienfaits que ces écoles rendent à la classe agricole; cet enseignement est très estimé et les cours sont suivis avec goût et entrain par un grand nombre d'élèves.

Le tract n° 28 donne le résumé des essais démonstratifs qui ont été faits sur l'*Alimentation rationnelle du bétail.* Ces essais, au nombre de 150, faits pendant une période de trois années, ont été exécutés sous le contrôle des agronomes de l'État.

De l'examen des chiffres on déduit que le bénéfice net, réalisé par vache et par jour, a été de 27 centimes, abstraction faite de l'amélioration apportée au fumier de ferme et de l'augmentation en poids des animaux. Si l'on admet qu'il y a environ 160 jours d'alimentation à l'étable, chaque année, l'application des règles de l'alimentation rationnelle procure, en bénéfice net, plus de 43 francs par tête.

Le tract n° 28 donne encore quelques conseils des plus utiles sur le rationnement et l'achat des aliments; il met l'agriculteur en garde contre la fraude, car les aliments ne sont pas toujours de toute pureté. Bien avisés sont les cultivateurs qui font leurs achats avec toutes les garanties possibles. Il est vrai que ces analyses sont assez coûteuses; mais les acheteurs peuvent traiter avec les maisons placées sous le contrôle des laboratoires d'analyses de l'État et des laboratoires agréés par l'État. Ces marchands se soumettent à un règlement de contrôle qui donne toute garantie aux cultivateurs.

Le tract n° 29 traite de l'alimentation du cultivateur. L'alimentation rationnelle des animaux domestiques progresse chaque jour, alors qu'en alimentation humaine, les traditions et les habi-

tudes prédominent encore. Les différents aliments y sont décrits avec leur préparation et comment on doit les prendre.

Comme on le constate par l'énumération qui précède, les tracts publiés en 1905 sont d'un grand intérêt pour nos cultivateurs ; nous ne saurions trop engager ces derniers à les lire. Tous les tracts sont mis gratuitement à la disposition des agriculteurs qui en font la demande à l'agronome de l'État de leur circonscription.

Pendant l'année 1905, la commission des laboratoires de l'État et la commission de la carte agronomique ont été réunies sous la présidence de M. le Directeur général Proost. Pour mener ce grand travail à bonne fin, il faut donner à l'étude des sols belges une direction unique. La commission de la carte est composée de divers spécialistes : nous y voyons des agronomes, des climatologistes, des géologues, des botanistes et des chimistes. Il est certain que la nouvelle carte agronomique de la Belgique contribuera singulièrement à stimuler et à orienter les recherches des agronomes et des savants de nos écoles libres et officielles.

La cartographie agraire faite jusqu'à ce jour n'empruntait sa documentation qu'à la chimie. La teneur du sol en principes fertilisants était la seule indication fournie à l'agriculteur ; on ne s'occupait guère de la porosité, de la plasticité, de la dureté, de la ténacité et de la perméabilité des terres. Dans le plan soumis à la commission, toutes ces questions font l'objet d'une étude minutieuse. Les procès-verbaux font ressortir la grande utilité qu'il y a pour l'agriculteur à connaître l'*état physique* de son sol et la météorologie de sa région; parmi les éléments physiques, la connaissance de l'hydrographie est d'une importance capitale. L'eau est, pour nos contrées comme pour les pays chauds, le facteur prépondérant de la production agricole. Nous ne saurions trop féliciter le Gouvernement d'avoir eu l'idée de joindre à la connaissance du sol celle de l'étude physique de la terre. M. Graftiau, Directeur du laboratoire agricole de Louvain, a fait ressortir la haute portée des caractères physiques du sol, dont l'étude a été trop négligée jusqu'à ce jour. La physique agricole, dit-il, est appelée à rendre à l'agriculture des services aussi signalés que la chimie.

Les institutions libres et officielles continuent, par leur zèle et leurs travaux, à justifier l'utilité de leur création. Le cercle d'études des agronomes de l'État et du personnel enseignant des

écoles d'agriculture a collaboré au travail des *tracts* sur le *bail type des diverses régions agricoles* du pays, et aux tracts sur les *méthodes d'appréciation du bétail dans les expertises et les concours agricoles*. Le cercle a émis ses idées pour l'organisation d'essais démonstratifs sur l'alimentation du bétail, l'appréciation des aliments d'après la méthode des unités nutritives, l'ensilage des fourrages verts, la dénomination des constituants des fourrages, etc.

En 1903, ce cercle d'études a organisé un concours de plans de ferme, de façon à créer un type d'exploitation d'étendue moyenne pour chacune des régions du pays.

Le cercle d'études des agronomes de l'État et des professeurs d'agriculture, fondé en février 1901, compte aujourd'hui près de trois cents membres.

Le cercle d'études du personnel enseignant des *écoles ménagères agricoles* et des écoles de *laiterie* a été fondé vers la même époque que le précédent. Ces études se confinent dans les branches qui intéressent spécialement l'éducation de la fermière. Comme le cercle précédent, il publie un bulletin. Cinq numéros ont paru jusqu'à ce jour.

Le cercle a surtout étudié les questions suivantes : Rôle et importance de l'alimentation de l'homme ; méthode à suivre dans l'enseignement de la laiterie ; les vêtements rationnels ; utilité de la fabrication du fromage en Belgique ; la fabrication du pain ; etc.

Le cercle participe chaque année au concours régional, organisé successivement dans les diverses provinces, en exposant les produits fabriqués par les écoles auxquelles appartiennent les maîtresses. A ce jour il compte environ 50 membres.

Dans toute la Belgique les seigles et les froments se présentaient sous le plus bel aspect au mois de juin ; les rendements ont été quelque peu affaiblis par suite de la *verse* survenue en juillet. L'escourgeon d'hiver, qui promettait une belle récolte, a également souffert de la verse sur une grande partie du pays. En général, l'avoine a donné d'assez beaux résultats ; mais, en beaucoup d'endroits, on a eu à combattre les senés (Sanve) par l'emploi du sulfate de fer en dissolution dans de l'eau. Ce produit étant beaucoup demandé, il n'est pas toujours vendu avec la pureté nécessaire ; aussi les agriculteurs doivent-ils exiger, sur facture, la garantie de 95 pour cent de pureté à 75 pour cent de finesse.

Dans la région de Merxplas, les avoines ont eu une levée lente

et irrégulière ; en différents endroits on a dû les remplacer par des cultures de féveroles. La station entomologique de l'État a reconnu qu'elle a été ravagée par la larve de l'*oscinia fritz*.

Les pommes de terre ont eu une levée lente, bien qu'elles aient été plantées dans de bonnes conditions ; elles ont ensuite souffert des gelées nocturnes survenues du 22 au 24 mai, et finalement, les pluies ont occasionné la maladie qui a été combattue en divers endroits par l'emploi de la bouillie bordelaise. En général, on peut dire que, pour la Belgique, la récolte de la pomme de terre a été mauvaise, aussi les prix sont-ils déjà très élevés. Ce qui se vendait 7 francs par 100 kilos en novembre 1904 se vend 13 et 14 francs en novembre 1905.

Les betteraves à sucre ont été favorisées dans leur croissance par les pluies chaudes de juin, les sarclages et binages ont été quelque peu contrariés par l'humidité ; toutefois, elles ont donné de beaux rendements tant en poids qu'en richesse.

Les lins ont eu une croissance normale et leurs rendements ont été assez rémunérateurs. On a essayé sur le lin le sulfate de fer pour détruire les senés, mais on a trouvé que cette récolte en souffre ; il est probable qu'il serait nécessaire, avant de faire l'aspersion, que la plante ait atteint la hauteur de 10 centimètres.

Les prairies ont souffert dès le début de l'année, elles ne se sont mises que tardivement en végétation à cause du temps froid d'avril ; malgré ce retard, elles ont donné un foin assez abondant mais le fanage a été contrarié par les pluies.

Comme les prairies, les trèfles et luzernes se sont mis tardivement en végétation par suite des froids du mois d'avril ; mais ensuite, le temps leur ayant été propice, ils ont donné un produit assez abondant.

Les pâtures ont fourni une herbe abondante. L'engraissement des bêtes en a été très favorisé.

Les houblons se sont développés normalement, les plantes ont été saines et vigoureuses ; aussi les rendements sont-ils satisfaisants. Dans le Brabant, les houblonnières ont été quelque peu attaquées par les pucerons.

Sauf les pommes de terre, on peut dire que, pour 1905, toutes les récoltes ont donné des rendements satisfaisants ; quant aux arbres fruitiers, ils ont souffert des pluies du printemps et des gelées survenues dans la seconde quinzaine de mai. La récolte en fruits n'a pas été abondante, elle a été nulle dans certaines régions.

Pendant l'année 1905, de nombreux congrès internationaux d'agriculture ont été réunis à Liége.

Ces congrès, comme l'ont constaté les journaux de Liége, sans distinction de parti, ont obtenu un succès inattendu. Tous les pays d'Europe et les États-Unis y étaient représentés.

Dans un discours d'une très haute portée, M. Henri Delvaux, député du Luxembourg, a retracé les progrès accomplis dans l'ordre économique par l'enseignement agricole, particulièrement en Belgique, sous la haute direction de M. Proost.

Aussitôt après ce discours, le Congrès de l'enseignement agricole a commencé la discussion en sections, discussion très nourrie et qui a abouti à des vœux qui, nous l'espérons, ne resteront pas stériles, notamment en ce qui concerne les méthodes d'enseignement.

La 3e section du Congrès a insisté sur l'enseignement agricole professionnel populaire qui s'adresse aux filles et aux fils des petits cultivateurs. Au Congrès international de Lausanne, en 1898, M. le professeur Proost avait déjà fait ressortir le vice des anciennes méthodes pédagogiques, toujours en usage, et, particulièrement, la surcharge des programmes de l'enseignement primaire, qui devrait être orienté, à la campagne, vers la profession de cultivateur.

On devrait se borner à apprendre à lire, à écrire, à calculer et pour le surplus, à faire des excursions, à établir des jardins d'expériences, qui permettraient d'enseigner d'une façon intuitive les principales applications des sciences naturelles à l'agriculture. Ainsi on donnerait un enseignement utile, pratique, que l'on pourrait développer dans les écoles d'adultes, dans les cours du soir, donnés par des instituteurs ou des agronomes. Nous ne saurions trop applaudir à ces vœux, car la surcharge actuelle des programmes, loin de favoriser le progrès de l'enseignement primaire, *multiplie le nombre des illettrés dans nos campagnes, ce que démontre l'examen de nos miliciens.*

Les membres étrangers du Congrès se sont plus, d'ailleurs, à reconnaître les merveilleux progrès réalisés dans l'enseignement professionnel agricole qui, en moins de quinze ans, a transformé notre économie rurale. Ainsi que le rappelait M. Kleyer, bourgmestre de Liége, lors de la réception des congressistes à l'hôtel de ville, M. Ruau, ministre de l'Agriculture en France, a déclaré, lors de la visite au pavillon de l'Agriculture et aux écoles ménagères agricoles, que " notre enseignement agricole faisait l'objet

de son admiration, *et dépassait de loin ce qui se fait dans les autres pays* „.

Le Congrès de l'enseignement a été suivi du Congrès de l'alimentation du bétail, où nos agronomes et professeurs ont discuté brillamment, dans la 1re section, les problèmes de la production du lait, de la graisse, de la viande et du travail mécanique. Le rôle du sucre, comme aliment producteur de la chaleur et de la force, a été particulièrement mis en lumière dans la 2me section. Dans la 3me section, composée en majeure partie de professeurs de l'enseignement supérieur et présidée par M. Leplae, de l'Institut agronomique de Louvain, on a discuté à fond la réforme de l'enseignement supérieur, qui verse encore dans les mêmes errements que l'enseignement primaire, au point de vue de l'abus de la mémoire et de l'insuffisance du développement de la raison (Voir plus loin, *3me section, rapport de M. Frateur).*

Le Congrès international de mécanique s'est tenu ensuite à l'Université de Liége, sous la présidence d'honneur de M. le Baron Vander Bruggen, ministre de l'Agriculture.

En ouvrant la séance, M. de Hemricourt de Grünne insiste sur l'importance de ce Congrès : la situation faite aux campagnes par l'émigration des ouvriers vers la ville, par la cherté de la main-d'œuvre et par la concurrence étrangère, est intolérable. Le principal remède à cette situation réside dans le perfectionnement et le développement du machinisme (1). Au Congrès de l'alimentation des animaux domestiques, on a présenté un rapport très intéressant, traitant de l'influence des aliments sucrés sur la digestibilité de la ration du cheval. Une discussion des plus instructives s'engage à ce sujet. L'emploi des phosphates dans l'alimentation animale a soulevé également un débat très intéressant, d'où il résulte que l'emploi des engrais phosphatés et calcaires constitue la meilleure méthode pour introduire les sels minéraux dans la nutrition. Quant à l'emploi direct des matières minérales dans l'alimentation, le Congrès émet le vœu de voir entreprendre des expériences en vue de fixer l'éleveur sur l'effet à obtenir. Elles devraient porter sur l'assimilation de l'acide phosphorique et de la chaux, ces éléments étant considérés isolément (2).

(1) *La Surproduction industrielle et le retour à la terre*, par S. Méline. Paris, Hachette, 1905.

(2) Ces recherches feront l'objet des analyses des laboratoires de l'État, réorganisés suivant les vœux de la Commission dont nous avons parlé plus haut.

L'assemblée estime que le meilleur moyen de procurer une alimentation phosphatée aux animaux de la ferme, c'est l'incorporation au sol d'engrais calcaires et phosphatés ; chaque pays, possédant son institut, doit résoudre les questions d'alimentation du bétail, dont plusieurs ne peuvent être étudiées à la ferme.

Dans la 2e section, où la question de l'abreuvement de nos animaux a été traitée par M. Paul Wéry, on a reconnu la nécessité de répandre parmi les cultivateurs des notions d'hygiène, spécialement en ce qui concerne les eaux dont ils abreuvent les animaux. On a demandé de voir établir dans les communes des abreuvoirs publics bien surveillés et dont l'eau de bonne qualité se renouvelle, là où il n'y a pas moyen d'établir un abreuvoir dans chaque exploitation. Il serait souhaitable de voir supprimer l'usage des abreuvoirs exposés aux infiltrations des purins, fumiers, etc., et d'interdire l'usage des mares stagnantes, où les animaux puisent des germes infectieux avec l'eau des boissons.

On désire voir se propager, dans les exploitations agricoles, l'usage des fontaines jaillissantes tombant d'une certaine hauteur dans un réservoir d'où l'eau puisse s'écouler constamment, de sorte que, suffisamment aérée et perpétuellement renouvelée, cette eau présente, tant en été qu'en hiver, toutes les conditions de composition et de température désirables.

Cette section demande que des observations nombreuses soient faites pour déterminer les meilleures méthodes de recherches sur la qualité des eaux et qu'une commission internationale soit nommée à cet effet.

On décide qu'il y a lieu de généraliser, par tous les moyens possibles, les *Concours d'étables*, qui promettent des progrès importants et immédiats au point de vue de l'assainissement des locaux de logement. Le Congrès émet le vœu qu'à côté de ce concours, il en soit organisé un autre ayant pour objet l'appréciation des qualités présentées par le bétail de l'exploitation.

Enfin, le Congrès étudie les moyens prophylactiques, préconisés dans la lutte contre la tuberculose : il importe de préserver les veaux contre la contagion en les éloignant de l'étable, immédiatement après la naissance; de ne pas abreuver les veaux dans les mêmes seaux qui servent à la traite des vaches, et de prendre soin par une des méthodes suivantes que le lait, donné aux veaux, soit exempt de bacilles de Koch : *a)* Faire bouillir ou chauffer le lait jusqu'à la température voulue, après le troisième jour. *b)* Se servir du lait provenant de nourrices examinées à fond par un vétérinaire et reconnues entièrement saines.

Poursuivant ses vœux, le Congrès demande de faire paître, dans les pâtures, les veaux à l'écart des vaches; de faire examiner dans un laboratoire de bactériologie le lait et les matières pathologiques provenant des vaches suspectes de tuberculose, et de fonder à cet effet, dans chaque pays, un ou plusieurs laboratoires spéciaux où l'on ferait gratuitement des recherches bactériologiques à l'usage des vétérinaires et des éleveurs de bétail; d'exproprier et d'abattre, comme en Hollande, les bêtes (les veaux aussi) souffrant de la tuberculose clinique ou de la tuberculose ouverte, démontrée par l'examen bactériologique, et les bêtes suspectes de tuberculose clinique, chez qui la réaction de la tuberculination est positive; de tuberculiner tous les jeunes veaux de un à deux mois et, tous les six mois, le troupeau sain.

A la 3e section, il a été dit que le cheval supporte sans accident les doses de mélasse dont on est en droit d'attendre la plus haute productivité et le meilleur effet sur la santé. Considérant que l'alimentation rationnelle est un des facteurs principaux de l'alimentation des animaux domestiques et souvent aussi un des moyens préventifs contre les maladies et spécialement contre la tuberculose, la section estime qu'il est éminemment désirable de multiplier les essais sur l'alimentation; organisés sous la direction de spécialistes, ces essais contribueraient beaucoup à vulgariser les principes de l'alimentation rationnelle.

Pour préparer les éléments de vulgarisation rationnelle de l'avenir, il y aurait lieu d'organiser, dans chaque pays, des essais pratiques d'alimentation *adaptés aux conditions spéciales de chaque région* et exécutés dans des établissements présentant les garanties nécessaires de bonne exécution des essais (1).

A la suite du rapport de M. Frateur à la 3e section, une discussion très intéressante s'est engagée, au cours de laquelle M. Proost a insisté sur la nécessité d'exiger des professeurs de l'enseignement supérieur de l'agriculture un enseignement synthétique qui s'adresse moins à la mémoire qu'à la faculté d'observation et au jugement. Le vice de nos méthodes pédagogiques consiste à surcharger la mémoire par des leçons interminables qui paralysent l'intelligence en la gavant outre mesure, et en ne laissant pas à l'étudiant le temps de penser.

La section de l'enseignement émet le vœu : 1° De voir créer dans les Écoles supérieures d'agriculture une chaire spéciale

(1) Ce qui justifie le maintien des laboratoires agricoles dans les diverses régions agricoles de la Belgique.

d'alimentation rationnelle du bétail ; 2° de voir affecter à cette chaire, non seulement un laboratoire de démonstration, mais encore un laboratoire de recherches et de lui affecter le matériel et les ressources nécessaires ; 3° de voir accorder aux exercices pratiques d'alimentation une importance suffisante.

On prend en considération les conclusions du rapport de M. Grégoire : 1° Il est de l'intérêt de l'agriculture de voir établir le contrôle de la production individuelle des vaches ; 2° A cette fin, il serait désirable d'établir entre les cultivateurs des sociétés de contrôle ; 3° Il serait souhaitable que les pouvoirs publics encourageassent ce contrôle par tous les moyens et, notamment, en plaçant à la disposition des cultivateurs et des sociétés, des conseillers compétents.

On le voit, l'année 1905 a été fertile en enseignements agricoles. Les praticiens et les spécialistes trouveront dans les procès-verbaux des Congrès les renseignements les plus utiles.

AUGUSTE FRANÇOIS.

NÉCROLOGIE

La Société scientifique a perdu, le 3 décembre dernier, un de ses membres les plus éminents et de ses patrons les plus dévoués dans la personne de M. Gustave Dewalque, de l'Académie royale de Belgique, professeur à l'Université de Liége. M. G. Dewalque était né à Stavelot, le 2 décembre 1826 ; il faisait partie de notre Société depuis 1880 ; il dirigea ses travaux, en qualité de président, en 1884-1885, et, pendant de longues années, fit partie de son conseil général.

La REVUE publiera plus tard une notice sur les travaux de notre savant et regretté confrère.

J. T.

LE CENTENAIRE DE LE PLAY

« Je n'ai pas réalisé l'œuvre dont j'avais conçu la pensée (1). » C'est ainsi, qu'au terme d'une laborieuse carrière de plus de quarante années, Le Play appréciait, non sans mélancolie, le rôle qu'il avait joué. L'histoire n'a point ratifié le jugement trop modeste que le Maître portait sur lui-même, et voici que l'œuvre de Le Play est populaire. Dans le recul des années, elle apparaît plus grande au fur et à mesure que les circonstances permettent de mieux apprécier son influence, ou donnent à sa méthode sociale des applications nouvelles.

Le Play n'est pas l'homme d'un pays. Il appartient à tous ceux qui, dans le monde entier, travaillent à la réalisation des réformes sociales.

C'est pour cette raison qu'à l'heure où la France s'apprête à célébrer, dans des fêtes grandioses, le centenaire du grand économiste, nous avons cru que la Belgique, qui, plus peut-être que toute autre nation, est tributaire de l'École de la réforme sociale, devait joindre sa voix à ce concert d'éloges.

Et si tous doivent célébrer la mémoire du savant, la Revue des Questions scientifiques est particulièrement bien placée pour saluer le savant chrétien.

« Le bienfait de la paix sociale s'est trouvé réalisé dans tous les temps, en tous les lieux, pour toutes les races,

(1) Lettre écrite cinq mois avant sa mort. — E. de Curzac : *Frédéric Le Play, sa méthode, sa doctrine, son œuvre, son esprit*, p. 1.

à certaines conditions toujours les mêmes, qui reposent invariablement sur l'observation de la morale formulée dans le Décalogue (1). »

Telle est la conclusion que le simple examen des faits devait amener chez Le Play, après vingt ans de voyages qui le conduisirent du nord de la Norvège au sud de l'Espagne, et des montagnes de l'Écosse aux steppes de la Sibérie.

C'est au cours de ces explorations, faites à pied le plus souvent, que Le Play fit les premières applications de sa méthode nouvelle d'observation. Elle porte, avant tout, sur la situation des familles, car « le problème de la paix a toujours le même objet : empêcher les individus de céder aux tendances qui les portent à répandre autour d'eux le désordre. Il est résolu en grande partie pour le corps social, s'il l'est pour la famille (2). »

Mais pour pouvoir apprécier exactement l'état d'une civilisation, les monographies de famille ne suffisent pas. Le Play complétait cette étude par l'examen de l'organisation communale et du système politique du pays qu'il voulait connaître. Son souci de l'exactitude allait plus loin encore : les premiers résultats une fois acquis, il recherchait, dans chaque nation, quelques personnes qui, mieux que d'autres, lui semblaient avoir conservé intact le dépôt des coutumes et des traditions populaires. Il soumettait son travail au contrôle sévère de ceux qu'il appelle les « autorités sociales ».

La publication de ces admirables enquêtes eut un grand retentissement. Des côtés les plus différents, depuis Louis Blanc, Sainte-Beuve et Arago jusqu'à Thiers et Montalembert (3), les encouragements et les félicitations arrivèrent à l'auteur. Et cependant, dans les *Ouvriers européens*, Le Play s'insurge contre toutes les idées en

(1) La Réforme Sociale, 15 juillet 1883, p. 607.
(2) *Ouvriers européens*, t. Ier, p. 212.
(3) V. Victor de Clerc : *Les Doctrines sociales catholiques en France*, t. II, p. 30, et E. de Curzac, *ouvrage cité*.

vogue à cette époque, il brise avec les traditions fidèlement conservées de la Révolution française et, détruisant à jamais le prestige des théories aprioristes, il introduit le « réalisme » dans les études sociales.

Pour se rendre compte du courage qu'il y avait alors à prendre une semblable attitude, il faut se rappeler le prestige acquis sur les masses par ces « faux dogmes de 1789 » que le Maître ne craignait point de stigmatiser.

Aujourd'hui la cause est entendue. C'est par l'application de ces mêmes méthodes d'observation et d'enquête, que l'on s'efforce un peu partout de porter remède aux maux dont souffre la société.

Là ne s'est point bornée l'influence de Le Play. Non seulement il a créé une méthode, mais il a ramené l'attention sur des problèmes insoupçonnés et méconnus, il a laissé une doctrine.

Sous le Second Empire, la richesse de la nation avait trop longtemps fait oublier les misères d'en bas. Le mérite de Le Play fut de montrer qu'à côté des questions purement économiques, d'autres se dressent non moins impérieuses, plus menaçantes peut-être. Un écrivain de valeur l'a dit : « l'Économie sociale est née en notre siècle des observations et des travaux de M. Le Play » (1).

L'action de Le Play, dans le domaine des doctrines sociales, pour être moins connue peut-être, n'a pas été moins réelle. Nous ne pouvons songer à nous y arrêter longuement ici.

L'étude attentive des phénomènes sociaux l'avait amené à cette conviction qu'il y a des principes immuables sur lesquels la société humaine est assise et dont elle ne peut s'écarter sans souffrir et finalement sans périr (2).

Ces principes, très simples et peu nombreux, forment la Constitution essentielle de l'humanité.

(1) Joseph Rambaud : *Histoire des Doctrines économiques*, l. II, ch. XII, p. 471 : *Le Play et l'École de la Réforme sociale.*

(2) E. de Curzac, *ouvrage cité*, p. 72.

Le Play les résume en ces termes : « Dans les sociétés heureuses, le décalogue et l'autorité paternelle peuvent être assimilés au fondement, la religion et la souveraineté aux ciments qui relient entre eux les matériaux, enfin la propriété sous ses trois formes (communale, familiale, patronale) aux matériaux eux-mêmes, c'est-à-dire à la partie matérielle de la construction (1). »

Religion, famille, propriété, travail, tels sont, d'après Le Play, les fondements essentiels de la société. Selon lui, les maux dont elle souffre aujourd'hui proviennent tous de la violation de l'un de ces principes : la religion n'a plus la place qu'elle devrait occuper ; la famille est désorganisée ; la propriété est dissoute à chaque génération par les partages forcés ; le contrat du travail manque de solidité.

Pour porter remède à cette situation, l'intervention de l'État est nécessaire, mais elle doit être secondée et complétée par l'initiative privée, les associations et le patronage des classes dirigeantes. Le Play insistait tout particulièrement sur cette dernière idée. La responsabilité des grands l'effrayait et il répétait souvent cette phrase d'un pêcheur de la mer Caspienne, qui lui avait dit un jour : « C'est par la tête que pourrit le poisson ».

Sans doute, sur plus d'un point, on peut ne pas admettre ces théories, mais on ne saurait nier l'influence heureuse qu'elles exercèrent sur l'évolution générale des idées à la fin du XIXe siècle. Le Play fut un innovateur par sa méthode, et un précurseur par sa doctrine.

C'est à ces titres divers que la célébration de son centenaire s'imposait à tous, mais nous ne pourrions oublier qu'il fut aussi, à sa manière, un apologiste de nos croyances, dont, mieux que personne, il a montré la nécessité sociale.

C'est sous cet aspect qu'il nous plaît ici de saluer plus spécialement sa mémoire.

A. BEERNAERT.

(1) *La Constitution essentielle de l'humanité*, p. 87.

LA FONCTION ÉCONOMIQUE DES PORTS

Les préoccupations *réalistes* dominent aujourd'hui la science économique. La raison en est simple : la vérification des doctrines suppose la connaissance des faits.

Rigoureusement pratiquée, la méthode d'observation permet seule de formuler des lois économiques précises et bien établies, comme elle ruine les lois prétendues.

Il est donc désirable d'en généraliser l'application et d'étendre les recherches à toutes les parties de l'économie politique.

L'importance chaque jour croissante des échanges internationaux, la possibilité de mesurer cette importance et cet accroissement par les statistiques du commerce extérieur des différents pays (1) ont suscité en abondance les travaux relatifs à cette branche de la science. Même on vivifie les données de la statistique par l'étude monographique des ports de commerce qui ouvrent les routes de l'océan.

Les enquêtes monographiques sont le complément indispensable des relevés statistiques. Elles sont la méthode même parce qu'elles constituent l'observation directe d'un objet précis, individualisé, saisi dans la complexité de son

(1) Il est bien vrai que ces statistiques sont imparfaites, approximatives. Telles quelles, elles permettent de mesurer les variations du phénomène, parce que les causes d'erreur, et les erreurs dès lors, sont constantes.

organisation, vu à un moment déterminé de son développement.

La gloire de leur avoir donné droit de cité dans l'économie politique revient à un ingénieur du XIXe siècle, Frédéric Le Play. Le Play appliqua la méthode à l'étude des familles ouvrières, mais son procédé fécond est susceptible d'applications infinies, comme en témoigne par exemple l'œuvre historique d'Hippolyte Taine.

Largement comprise, étendue à la recherche des rapports commerciaux multiples dont le port est le centre, la monographie des ports embrasse un ensemble de phénomènes de circulation, ensemble vaste, mais pourtant limité, et se prêtant par là à l'observation méthodique et scientifique.

Le rôle des ports de commerce, c'est évident pour l'observateur même superficiel, pourvu qu'il soit averti, est en rapport avec le développement économique général. L'ère contemporaine est l'ère de la production en grand, obtenue avec le concours de véritables armées ouvrières dirigées elles-mêmes par un état-major technique, au moyen d'énormes capitaux et de machines puissantes. C'est aussi l'ère de l'échange intensif, des marchés mondiaux, de la multiplication des voies de communication, de la construction des navires géants, de l'approfondissement des ports et du perfectionnement de leur outillage.

La fonction du port, permanente par certains côtés, est donc aussi variable dans ses modalités. Puisque le port est l'organe essentiel de l'échange entre nations, il y a un intérêt scientifique de premier ordre à la recherche des caractères constants et des caractères variables de sa fonction, et surtout à la détermination des fonctions constantes, soumises dans leur permanence, comme les fonctions variables dans leur évolution, aux lois fondamentales de l'économie politique.

Il est essentiel de poursuivre une telle enquête avec le

souci de l'objectivité et de l'impartialité. Le parti pris gâterait tout.

Dès lors, rien de tel que l'enquête multiple confiée à plusieurs personnes appartenant à des milieux divers et à des professions différentes, pourvu que les méthodes scientifiques leur soient familières, et qu'elles adoptent un même plan strictement descriptif.

Encouragée par l'essai heureusement tenté lors de la session de 1905, la Ve Section de la Société scientifique a entrepris cette tâche que l'effort individuel, si fécond qu'on le suppose, ne pourrait mener à bien.

Nous publions aujourd'hui la première monographie de cette enquête, celle de trois ports de la Grèce ancienne par M. Henri Francotte (1).

Nous joignons, comme on le voit, l'étude rétrospective à l'observation directe des faits contemporains, avec la conviction que, par l'emploi des méthodes critiques rigoureuses, l'historien peut atteindre la certitude.

ÉDOUARD VAN DER SMISSEN,
Secrétaire de la Ve Section de la Société scientifique.

(1) On trouvera, au compte rendu de la séance du 25 janvier dernier, un exposé préliminaire plus complet, ainsi que l'indication des monographies présentées à la session de Pâques. — ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, trentième année, 2me fascicule.

I

LA FONCTION ÉCONOMIQUE DES PORTS DANS L'ANTIQUITÉ GRECQUE [1]

—

Il y a bien peu de temps que l'on s'occupe de l'histoire économique de l'antiquité. On étudiait les chefs-d'œuvre de son art et de sa littérature ; on réédifiait, vrai tour de force d'érudition et de divination, les institutions politiques de la Cité : on a longtemps oublié que, suivant un mot fameux, la première question de l'histoire est toujours celle de savoir ce que les hommes mangent. Les Grecs ne nous ont laissé sur ce côté de leur vie que peu de renseignements. Ils ont l'air d'avoir été plus désintéressés que nous ; nous nous les représentons volontiers semblables à leurs statues auxquelles les artistes se sont efforcés de donner des poses simples mais majestueuses, ne nous montrant jamais ou bien rarement leurs modèles dans la familiarité des attitudes, dans le laisser-aller de l'existence de chaque jour. L'argent et tout ce qui s'ensuit, nous nous le figurons, était plus indifférent aux Grecs qu'à nous, et cependant, à le bien prendre, il n'y a pas d'histoire, sauf la nôtre peut-être, où les questions économiques et sociales aient tenu plus de place, où elles aient été débattues avec plus d'acharnement et résolues avec plus d'âpreté et de dureté. Mais les intérêts qui séparaient alors les hommes, s'ils les séparaient aussi ardemment qu'aujourd'hui, étaient d'une nature bien

(1) Pour la bibliographie générale, je me permets de renvoyer à mon ouvrage sur l'*Industrie dans la Grèce ancienne*, 2 vol. Bruxelles, 1900 et 1901. Je me bornerai ici à rappeler l'ouvrage capital de Böckh : *Die Staatshaushaltung der Athener*.

différente de ceux qui nous préoccupent. Il importe que je le montre tout d'abord et que je trace ainsi le cadre dans lequel se place mon sujet.

A toutes les époques de l'histoire grecque, la base du régime économique est la terre. C'est elle que, souvent, les partis se disputent. L'opposition des oligarques et des démocrates ne répond pas seulement aux tendances naturelles qui divisent tous les hommes, selon qu'ils tiennent plus ou moins à la tradition ou inclinent aux nouveautés ; c'est le combat des riches et des pauvres, des propriétaires et des non-propriétaires ou, comme dit énergiquement Platon (1), des gras et des maigres.

Par là s'expliquent l'âpreté et la violence des luttes politiques ; elles mettent en présence des idées sans doute, mais surtout des intérêts ! Ce sont des classes et des factions plutôt que des partis qui se rencontrent sur la place publique. Les Grecs continuent à ressembler à leur grand héros, Achille : comme lui, ils combattent pour la satisfaction de se sentir les plus forts, pour la conscience d'être les maîtres, quelque chose qui de loin ressemble à l'honneur ; mais surtout ils combattent pour le butin. Voyez au programme des démocrates les grosses et périlleuses revendications : partage des terres, suppression des dettes, surtout de celles qui grèvent le sol. Voyez, dans l'histoire, ces bannissements en masse, ces confiscations, ces exécutions sanglantes : elles dénouent, par la révolution, des crises politiques qui sont surtout des crises sociales.

Si, à toutes les époques, la terre est la base du régime économique, cette vérité, suivant les cités et les époques, demande à être précisée.

Les poèmes homériques nous dépeignent un régime économique très primitif. Les héros nous initient volontiers au détail de leur fortune ; sans être des parvenus,

(1) *Rep.*, 556 D.

ils se complaisent dans un certain étalage des biens dont les dieux les ont favorisés. On y peut faire deux parts : la principale se compose de la terre et des troupeaux ; l'autre constitue le trésor, des armes, des étoffes, des métaux précieux, du fer. La maison est l'unité économique : les biens s'y produisent et s'y consomment. Le maître préside lui-même à l'exploitation de son domaine. Le travail agricole est hautement en honneur, des fils de rois ne dédaignent pas d'aller faire paître les troupeaux (1). Les travaux domestiques sont dirigés par la mère et par ses filles. Assistées de leurs esclaves, elles tissent les vêtements, elles brodent, et Nausicaa, la fille du roi des Phéniciens, s'en va, joyeusement, avec ses compagnes, laver les vêtements de son père et de ses frères à la rivière (2).

La femme, en Grèce, n'est pas la bête de somme qu'elle est ailleurs, en Orient ; mais par son travail elle s'efforce d'assurer à son mari les loisirs auxquels il a droit. Le chef de famille va à la chasse, mange et boit avec ses amis ; il surveille ses fermiers et ses esclaves ; c'est un grand seigneur qui vit dans ses terres ; mais, au besoin, il met lui-même la main à l'œuvre. L'Odyssée (3) décrit avec complaisance le chef-d'œuvre d'Ulysse, qui, pour fabriquer son lit, s'est fait charpentier, menuisier, orfèvre. Aucune déconsidération ne s'attache encore au travail manuel.

Cependant, la famille, avec ses serviteurs et ses esclaves, ne peut subvenir à tout. Certaines professions exigent des installations et une habileté spéciale ; la première qui se constitue est celle du forgeron. Chez Hésiode (4) encore, la forge est, en hiver, le lieu de rendez-vous des voisins qui devisent entre eux tout en se chauffant. D'autres pro-

(1) *Iliade*, VI, 246 ; XX, 188
(2) *Odyssée*, VI.
(3) XXII, 205.
(4) *Œuvres et jours*, 493.

fessions commencent à devenir indépendantes, à se détacher de l'organisation familiale, comme celle du charpentier ; mais les métiers ne sont pas encore séparés ; le même mot τέκτων (1) désigne le charpentier, le menuisier, le charron, le tailleur de pierres, etc. La présence de ces artisans ne dérange pas l'organisation familiale ; dans beaucoup de maisons, leur concours est inutile et, là où il est demandé, il s'exerce dans des conditions qui laissent intact le type que nous avons décrit ; car, le plus souvent, l'artisan s'en va travailler chez son client et en reçoit la matière première.

La vie est simple ; l'agriculture fournit la nourriture, les vêtements. Quelques échanges d'une maison à l'autre suffisent pour remplir les vides que la production a pu laisser, et assurer à chacun la satisfaction de ses besoins. Le commerce de détail, la boutique, seraient sans clients.

La terre est la grande nourricière, mais parfois la récolte manque ; puis toutes les régions ne sont pas également favorables, par exemple, à la culture de la vigne. Le rôle du commerce commence : à lui de combler ces lacunes.

Puis, certaines matières premières, comme le fer, le cuivre, l'étain, c'est au commerce encore qu'incombe la tâche de les aller chercher aux lieux de production, bien loin parfois.

Et enfin, par ci par là, le luxe a créé des besoins factices, ou aussi de nobles aspirations se sont fait jour. Les rois aiment orner leur palais des produits de l'art ; eux-mêmes, pour se distinguer de la foule de leurs sujets, demandent des armes précieuses. Le goût de la toilette chez les femmes s'est développé : il faut des colliers d'or, des peignes d'ivoire.

Tout à l'origine, un simple commerce d'échanges de peuplade à peuplade a suffi pour faire circuler, parfois

(1) *Iliade*, VI, 313.

d'un monde à l'autre, quelques rares objets, comme peut-être l'ambre ou l'étain. Ces relations des peuples n'ont pas tardé à se régulariser et à se compliquer : les foires se renouvelant à époques périodiques, à l'occasion des grandes fêtes religieuses, à Delphes, à Olympie et ailleurs, permettent aux producteurs et aux consommateurs de se rencontrer.

Peut-être aussi, aux frontières, se tiennent, comme aujourd'hui en Afrique, des marchés où, à la faveur d'une trêve de quelques jours, se pratiquent les échanges.

Enfin, il y a des objets qu'il faut aller offrir aux clients chez eux, comme les objets précieux qui représentent une grande valeur. Cette fois, c'est la tâche spéciale du commerce organisé en profession distincte de toute autre. Chose remarquable, à l'origine, ce sont surtout des Phéniciens qui exercent cette profession. L'Odyssée nous les montre, abordant au port avec leurs riches cargaisons, puis allant tenter les femmes par les magnifiques parures qu'ils étalent, joignant, quand ils le peuvent, la piraterie au commerce (1). La distinction entre ces deux professions ne s'est pas nettement établie : de là le mauvais renom du commerce et la synonymie que les Grecs établissent entre échanger et tromper.

Telle est l'organisation économique primitive : la maison est l'unité dans laquelle les biens se produisent et se consomment. Elle se conserve intacte ou à peu près dans une grande partie de la Grèce.

En quelques cités s'ouvre une nouvelle phase de l'histoire économique ; entre le producteur et le consommateur s'introduisent des intermédiaires qui assurent la circulation des biens, de l'un à l'autre. Ces progrès nous sont attestés de deux façons : directement par ce que nous savons des cités qui les ont accueillis ; indirectement par ce que nous savons de celles qui les ont repoussés. Tandis,

(1) *Odyssée*, XV, 412.

en effet, qu'Athènes ouvre ses portes au commerce et à l'industrie, d'autres cités s'effrayent. Elles voient les nouveautés qui, immédiatement, dérangent le train accoutumé de la vie ; elles devinent celles qui suivront. En effet, le commerce et l'industrie changent les idées, introduisent quelque chose de hardi, d'aventureux. Sur mer, on s'habitue à braver le hasard ou à compter sur lui. Les paysans sont, comme les saisons, réguliers, répétant d'année en année les mêmes travaux, et laissant aller leur vie suivant un cours immuable. Mettez cet esprit nouveau dans la politique ; ajoutez-y la population qui s'accroît, la populace qui apparaît : les vieilles institutions s'en vont avec l'esprit qui les soutenait.

Sparte surtout vit et comprit le danger et, aussitôt, elle fortifia les règles anciennes. Interdiction de faire le commerce, interdiction de voyager, exclusion des étrangers qui pourraient venir donner des exemples fâcheux. Les Spartiates vivent chez eux dans une noble oisiveté : les hilotes cultivent la terre et remettent à leurs maîtres une partie des fruits. Ceux-ci sont consommés dans les repas communs. Aucun travail, aucun souci matériel ne vient distraire le citoyen de ses devoirs envers l'État. Il ressemble à un propriétaire qui vit tranquillement de ses rentes, et la législation a pris soin de les lui assurer, car elle a défendu de vendre le lot de terre, le *klèros*, et a réglé une fois pour toutes sa transmission d'aîné à aîné.

Ailleurs, mêmes précautions pour sauvegarder la perpétuité de la propriété dans la même famille et préserver les particuliers de la ruine et l'État des réformes : par exemple, en Élide, défense d'hypothéquer sa terre. Ailleurs encore, mêmes préventions, mêmes répugnances à l'endroit du travail manuel ; tout est condamné, et la fatigue qu'il impose, et la gêne à laquelle il astreint, et le bénéfice qu'il rapporte : à Thèbes (1), par exemple, les artisans et

(1) Arist. *Polit.* ; VII, (VI) 1321 a.

les marchands sont privés des droits politiques. A Locres, Zaleucus avait décrété, dit-on, qu'il n'y aurait pas de revendeurs, mais que le paysan vendrait lui-même ses produits.

On en reste là dans certaines régions, et si vous considérez la carte de la Grèce, elles la couvrent presque tout entière : tout le Péloponèse, sauf quelques villes comme Corinthe, tout le nord et tout le centre, sauf toujours quelques exceptions. Il s'est bien, il est vrai, en ces régions, constitué des cités ; mais combien sont encore purement agricoles ! Elles ressemblent à ces petites villes fortifiées que l'on rencontre en Italie et qui, aujourd'hui comme il y a plusieurs siècles, renferment dans leurs murs une population adonnée presque tout entière aux travaux des champs. Mais n'oublions pas qu'en Grèce, la terre est ingrate ; aussi ne nous étonnerons-nous pas de constater combien d'hommes lui tournent le dos et cherchent d'un autre côté leur subsistance. Ils échangent la charrue contre l'épée et ils peuvent répéter cette chanson d'un Crétois : « C'est une grande richesse pour moi que ma lance et mon épée et le beau bouclier qui protège mon corps. Voilà avec quoi je laboure, avec quoi je moissonne (1). »

Toutes ces provinces se consument dans des guerres incessantes qui détruisent les richesses au fur et à mesure qu'elles se produisent : et la richesse en hommes, la première de toutes, et la richesse du sol, les arbres, les moissons, dans lesquelles on porte la hache ou l'incendie. Un pays, ainsi mis en coupe réglée, finit par s'épuiser ; il faut aller chercher ailleurs les occasions de donner des coups d'épée et du butin à se partager : les Grecs se répandent à travers le monde, et vont se mettre au service des princes qui, eux aussi, rêvent de conquêtes et de pillage. Dans toutes les armées, on en trouve, partout où

(1) *Athen.* XV, 695 f.

on a besoin de soldats robustes, adroits et d'un courage éprouvé. Leur plus bel exploit, ils l'accomplirent quand, au nombre de Dix Mille, ils tinrent tête à tout l'Empire des Perses et montrèrent à la Grèce que, pour conquérir l'Asie, elle avait des soldats et qu'il ne lui manquait plus qu'un chef pour les conduire.

Dans d'autres cités, je l'ai dit, un type nouveau s'est constitué : l'industrie et le commerce sont devenus des facteurs de la vie économique ; les hommes leur demandent leur subsistance ; la terre n'est plus désormais la base unique de la richesse.

Nommons quelques-uns des centres dans lesquels ce changement s'est accompli : Corinthe, Chalcis, Égine, Athènes.

Faut-il fixer des dates ? Athènes est devancée par les cités que nous venons d'énumérer. Ses progrès ne datent guère que de la fin du VIe siècle : Solon ne fit pas seulement une révolution politique, il fit une réforme économique, en frappant, le premier, la monnaie. Avant cette époque, l'Eubée d'un côté, Égine d'un autre possédaient déjà chacune leur système monétaire. Solon adopta l'étalon d'Eubée.

Quelles sont les causes qui ont amené ce changement ? Il est difficile de les préciser toujours ; la principale me paraît être la situation même de ces cités : Corinthe, par exemple, domine deux mers et tient, en outre, la clef des routes du Péloponèse. Les hommes y sont bien pour quelque chose aussi, et, à Corinthe encore, le mérite d'avoir compris les avantages de la situation topographique revient à ses tyrans au VIIIe et au VIIe siècles.

Le développement économique d'Athènes, commencé à la fin du VIe siècle, prend toute son ampleur au commencement du Ve, tout de suite après les guerres médiques. Et d'abord les hommes en ont le mérite : c'est Thémistocle qui développe la flotte de guerre, c'est Aristide qui groupe autour d'Athènes, dans une ligue, une

foule de cités pour guerroyer contre la Perse ; bientôt ces cités tombent sous la dépendance politique d'Athènes, forment son empire et lui ouvrent un vaste marché. Le hasard y est bien aussi pour quelque chose : entre la bataille de Marathon et la bataille de Salamine, il fit découvrir, dans les mines du Laurion, des filons d'argent plus riches que ceux qui avaient été exploités auparavant. Pendant un siècle ou deux, les particuliers et l'État lui-même allaient y trouver des richesses considérables.

Mais il est temps de déterminer exactement en quoi consiste ce changement, surtout à Athènes.

La population s'y est accrue dans des proportions considérables. Vers la fin du ve siècle, elle atteint son maximum. Les évaluations varient : 30 000, 35 000, 40 000, peut-être 60 000 adultes, et, en multipliant par quatre, de 120 000 à 240 000 citoyens. Il y faut ajouter les étrangers domiciliés, les *métèques* : 50 000 environ; les esclaves : 100 000 environ. Au maximum donc, la population de l'Attique s'élevait à : 240 000 citoyens, 50 000 métèques, 100 000 esclaves ; au total, 390 000 âmes.

M. Beloch (1) a estimé quelle pouvait être l'importance de la population urbaine à l'époque d'Alexandre. A ce moment, la population de toute l'Attique, d'après ses évaluations, se monte à 274 000 âmes, Athènes et le Pirée comprenaient au plus 120 000 habitants. Ce chiffre est certainement excessif, puisque 100 000 habitants pour Athènes et le Pirée donneraient 170 habitants par hectare, c'est-à-dire une densité plus forte que celle de Berlin. Acceptons cependant ce chiffre : avec 100 000 habitants, Athènes est devenue une grande ville, une très grande ville ; il n'y a probablement, dans tout le bassin de la Méditerranée, aucune ville qui puisse rivaliser avec elle.

Une agglomération d'hommes aussi considérable ne peut plus vivre uniquement de la terre. La campagne n'est

(1) *Bevölkerung der griech. röm. Welt.*

pas abandonnée ; une grande partie des Athéniens continuent à y résider ; parmi les citadins, il en est encore un bon nombre qui exploitent la terre eux-mêmes et par leurs esclaves. Thucydide note comme un trait de mœurs l'attachement de ses compatriotes pour la campagne. A côté de cette population rurale, il y a, surtout au Pirée, les marins, les commerçants, les hommes d'affaires, les artisans et même les industriels.

Prenons d'abord l'industrie : des métiers de plus en plus nombreux se sont détachés de la famille ; mais, très apparentes, subsistent les traces de l'organisation première, surtout dans les modes de rémunération du travail : souvent, l'ouvrier vient travailler au domicile du client ; souvent aussi, il reçoit de celui-ci la matière première ; souvent enfin, son salaire, en tout ou en partie, lui est payé en nature.

Nous rencontrons aussi l'artisan indépendant, travaillant chez lui, dans son échoppe ou dans son établi ; vendant directement aux clients les produits de son travail. Cette apparition caractérise un régime nouveau que l'on a appelé l'organisation urbaine.

Un second signe : à côté de l'artisan, le boutiquier. Chacun ne peut plus se procurer, par son travail, les denrées, les objets nécessaires à la vie de chaque jour; ou bien, on n'a plus le temps ni l'occasion de s'adresser aux producteurs : les revendeurs de détail assurent l'approvisionnement des ménages.

Ajoutons que l'on relève à Athènes quelques traces de la grande industrie. On peut citer la fabrique de lits et la fabrique d'épées du père de Démosthène : la première employait une vingtaine d'esclaves, l'autre trente-deux ou trente-trois ; la fabrique de boucliers du père de Lysias. Dans les mines du Laurion, les exploitations employant plusieurs centaines d'esclaves n'étaient pas rares.

Enfin, le grand commerce s'est étendu ; il amène les

marchandises que le sol ne donne pas et dont cette population, relativement considérable, réclame des quantités importantes.

Ailleurs, en dehors d'Athènes, en de moindres proportions, des progrès du même genre, et surtout l'augmentation de la population, se sont accomplis. Hier, les foires suffisaient, ce moyen primitif ne disparaît pas : il se perfectionne. Il faut une grande foire, permanente, aisément accessible, où chacun, même du dehors, viendra s'approvisionner. Par là, je détermine le rôle du port d'Athènes dans le monde grec. Le Pirée est la place vers laquelle convergent toutes les routes commerciales, le centre des affaires, le marché où l'agriculture et, dans une certaine mesure, l'industrie déversent le trop plein de leurs produits.

Athènes garda sa prééminence économique plus longtemps que sa prééminence politique : au IVe siècle encore, tout à la fin même du siècle, elle est la métropole commerciale du monde grec.

Les conquêtes d'Alexandre le Grand en Asie coupent l'histoire de la Grèce en deux : la civilisation, le mouvement, la richesse, la population émigrèrent. Un nouveau monde s'ouvrait aux Grecs ; les routes commerciales se déplaçaient. Rhodes hérita d'abord de la situation occupée jusque-là par Athènes ; elle était placée à l'intersection des lignes du commerce international, de la ligne nord-sud, du Pont à Alexandrie, et de la ligne est-ouest, d'Espagne à la Syrie et au centre de l'Asie. Ses habitants étaient doués d'un tempérament plus calme que celui de beaucoup de Grecs ; avec cela, de l'esprit d'initiative, et, ce qui est plus rare, de l'esprit de suite. Ils tirèrent un parti merveilleux de la situation que leur avaient faite les circonstances. A côté d'eux, toujours en Asie, quelques villes, comme Chio, Éphèse, sans rivaliser avec Rhodes, atteignaient une prospérité nouvelle.

La fortune de Rhodes eut une courte durée. Vers la fin du IIIe siècle et surtout au IIe, une nouvelle puissance

surgit, une grande ville se crée à l'ouest : c'est Rome. De nouvelles voies s'ouvrent au commerce. Pendant tout un temps, Rhodes maintient sa position, mais Rome la détruisit d'un seul coup, en déclarant le port de Délos, port libre (164). Délos devint le grand marché où se rencontrèrent l'Orient et l'Occident, « le point de relâche le plus commode pour tout vaisseau venant d'Italie ou de Grèce et se rendant en Asie (1) ». La prospérité de Délos se soutint durant un siècle environ ; elle fut ruinée par la guerre de Mithridate et par les pirates.

Il n'y eut plus dès lors, dans le monde grec, qu'un seul port, qu'une seule place que les commerçants continuaient à visiter. C'était Alexandrie, tête de ligne vers l'Asie et vers l'Afrique et, d'un autre côté, vers Rome. Derrière elle, il y avait un pays fertile qui donnait en abondance l'huile, le blé, le lin ; elle recevait de l'Arabie et de l'Inde les parfums, l'ivoire.

On voit combien, en général, fut fragile la prospérité des ports grecs ; il n'en pouvait être autrement, puisque, en général, elle reposait surtout sur le commerce international ; il leur manquait un *hinterland*. Le commerce international se déplace subitement ; au 1er siècle avant notre ère, il a déserté Corinthe, Athènes, Délos, Rhodes, et toutes ces places sont tombées dans le marasme.

Revenons aux trois ports que nous avons cités, Athènes, Rhodes, Délos. En réunissant les renseignements épars que nous possédons, nous arriverons à nous former une idée assez précise de la nature et de l'organisation du commerce qui s'y faisait.

Tout d'abord, le commerce et aussi l'industrie sont dans les mains des étrangers, plutôt que dans celles des nationaux. Partout où le régime urbain s'est implanté, on rencontre en grand nombre des métèques ou étrangers domiciliés. Comme ils ne peuvent pas acquérir la propriété

(1) Strab., X, 514.

foncière, ils sont forcément poussés vers d'autres professions que l'agriculture ; mais cette raison n'est pas la seule. Parmi les métèques, il y a beaucoup d'affranchis : l'esclavage les a dressés au travail manuel ; il en est qui ont exercé pour le compte de leurs maîtres un métier, ou tenu une boutique; ils ne font que continuer leur existence antérieure. Enfin, parmi eux, des étrangers d'origine libre sont venus faire fortune au loin et utiliser les capacités qui, dans leur ville natale, resteraient sans emploi. Pour tous ceux-là qui, par leur activité, assurent la prospérité publique, les Athéniens ne sont pas généreux; ils leur refusent, nous l'avons dit, le droit de propriété ; ils les frappent de contributions spéciales et les appellent, en temps de guerre, sous les drapeaux, dans des conditions plus dures que celles qui pèsent sur les nationaux.

Les citoyens ne restent pas étrangers au mouvement des affaires. L'exemple donné est contagieux. Mais l'opinion publique n'est pas franchement réconciliée avec le commerce et l'industrie ; elle est encore trop entichée de la supériorité de l'agriculture. Cultiver la terre est toujours la plus noble et la plus saine des occupations. L'opinion accepte les autres formes du travail, mais pas indistinctement ; elle ne peut tolérer qu'un homme libre s'adonne à des travaux qui dépriment son intelligence ou déforment son corps ; avant tout, il lui faut garder des loisirs. Elle n'admet pas non plus chez un citoyen la préoccupation absorbante du gain : il peut faire des affaires, il le doit même, mais il lui faut garder du temps pour se promener à l'agora, disent les gens ordinaires ; pour faire de la politique, disent les hommes d'État ; pour faire de la philosophie, disent les professeurs. Ces préjugés peuvent paralyser ou énerver la bonne volonté des pauvres diables qui craignent de déroger en prenant un métier réputé servile, et se plient à une existence besogneuse pour sauver leur dignité de citoyens : ils se font sentir surtout

tout en haut, dans les classes supérieures. La jeunesse continue à préférer les émotions de la tribune à celles de la Bourse, et à donner une large partie de son temps aux affaires de l'État. Ce qui ne veut pas dire que l'on néglige ses propres affaires ; on prend des intérêts dans les entreprises industrielles et commerciales ; on place adroitement son argent ; mais on ne le fait pas, du moins en général, fructifier soi-même.

L'une des opérations les plus pratiquées est le prêt, et spécialement le prêt maritime ou à la grosse aventure. Il offrait de grands risques, vu les nombreux accidents auxquels les navires étaient exposés. Les sommes prêtées pouvaient être affectées sur le navire lui-même aussi bien que sur son chargement. En cas d'heureuse traversée, le prêteur rentrait dans ses avances ; sinon, il supportait la perte. Aussi l'intérêt stipulé était-il très élevé, jusqu'à 30 p. c., tandis que pour les prêts ordinaires on demandait 12 à 18 p. c. C'est sous cette forme que se produit l'association des capitaux, nécessaire à la grande expansion du commerce. Des sociétés commerciales, permanentes, dotées d'une personnification civile, il n'y en a pas : on rencontre des associations d'individus en vue d'une opération déterminée ou pour l'exploitation d'une banque ou d'une mine. Par contre, en foule, des confréries formées entre gens de même profession et ayant, à côté de leur caractère religieux qui est le principal, un certain caractère professionnel. Toute association, en Grèce, a pour premier objet la célébration d'un culte ; mais, fatalement, quand elle groupe des hommes qui exercent le même métier, qui ont des intérêts communs, les questions professionnelles viennent à l'ordre du jour. On a retrouvé, à Délos, les restes du local des Poseidoniastes et de celui des Hermaïstes. Les confréries en Grèce jouissent, comme telles, de la personnification civile ; elles possèdent des immeubles, spécialement un lieu de réunion où les membres, tout en se divertissant,

viennent causer de leurs affaires; cela suffit pour leur donner un caractère professionnel, car il n'y a point de trace des grandes compagnies marchandes. La maison des Hermaïstes, par exemple, n'a que des caves étroites ; elle ne possédait ni greniers, ni boutiques ; ce n'était donc pas le siège des affaires communes ; tout simplement, elle était le local d'un cercle ou d'un club.

Quelles étaient les marchandises qui s'échangeaient dans les ports grecs ?

Dans une très faible mesure, les produits de l'industrie. En effet, celle-ci ne se pratiquait guère que dans l'atelier, rarement dans la fabrique ; la production des artisans s'écoulait sur place. Cependant, les œuvres des artistes ont eu, de bonne heure, un débouché à l'étranger : les vases de Corinthe, par exemple ; ceux d'Athènes ont été transportés par le commerce sur tous les points du monde grec.

Le commerce était surtout alimenté par les produits agricoles : Athènes était le grand marché des grains ; elle en avait besoin pour la consommation de ses habitants. Le surplus s'écoulait au dehors. Aux grains, il faut ajouter le vin et l'huile, la laine, le poisson, les esclaves. Chio et plus tard Délos étaient les grands marchés de chair humaine.

Les auteurs, et en particulier Strabon, nous donnent quelques renseignements sur la façon dont était approvisionné le marché, et sur les débouchés que s'étaient assurés les commerçants grecs. L'une des régions dans lesquelles ils trafiquent de préférence est la mer Noire. Tanaïs, par exemple, « servit longtemps d'emporium ou de marché commun aux nomades de l'Europe et de l'Asie, et aux Grecs du Bosphore ; les premiers y transportaient des esclaves, des peaux et différents produits de l'industrie nomade, les seconds, des tissus, du vin, et maintes autres productions des pays civilisés qui trouvaient à s'y

échanger avantageusement (1) ». Dioscuras, dans la même région, servait d'emporium aux populations de l'intérieur (2). N'oublions pas Panticapée, aujourd'hui Kertch, et les autres villes du royaume de Bosporos où les Athéniens allaient chercher le blé. Il en venait aussi de Sicile, d'Égypte et d'ailleurs. Strabon cite encore en Asie, Apamée, Éphèse « qui est l'entrepôt général des marchandises d'Italie et de Grèce », Comana, Pessinonte, le principal emporium d'une partie de la Galatie, Phase qui est « le centre du marché de la Colchide ». En Italie, le marché des Canusites dans la région de Barium ; en Gaule, ceux de Narbonne et d'Arles.

Ces marchés étaient approvisionnés par la navigation fluviale, comme Phase et surtout Alexandrie, et aussi par les caravanes. Strabon mentionne celles qui mettaient en rapport l'Inde et l'Arabie avec Coptos (3) ; celles des Arabes vers l'Inde et la Perse (4) ; celles des Aorses qui monopolisaient le transport à dos de chameaux des marchandises de l'Inde et de la Babylonie, expédiées par la voie de l'Arménie et de la Médie (5).

Le commerce par caravanes paraît aux mains des indigènes : les Grecs et aussi les Phéniciens se limitent au commerce maritime. Un ancien géographe (6) nous décrit la façon dont opèrent les Phéniciens sur les côtes de l'Éthiopie : ils débarquent dans l'île de Cerné, y installent des tentes, puis, chargeant leurs marchandises sur des canots, ils les transportent sur le continent et les vendent aux indigènes. Hérodote (7) de son côté raconte comment les Carthaginois trafiquent avec les habitants de la Lybie : ils disposent leurs marchandises sur le rivage, allument

(1) Strab., XI, 2, 13.
(2) Id., XI, 2, 16.
(3) Id., XVI, 4, 24.
(4) Id., XVII, 1, 45.
(5) Id., XI, 2.
(6) Scylax, *Peripl. Geogr. Minor.* I, 112.
(7) Hérod., IV, 196.

de grands feux et s'en vont. Les indigènes, attirés par ce signal, arrivent, choisissent ce qui leur convient et déposent la quantité d'or qui leur paraît être l'équivalent de ce qu'ils désirent. Si les Carthaginois ne s'en contentent pas, ils la laissent et les nomades ajoutent un surplus jusqu'à ce que les marchands soient satisfaits. Quand on est d'accord, vendeurs et acheteurs, sans s'être vus, se retirent chacun de leur côté.

En se réservant le commerce maritime, les Grecs n'avaient point peut-être pris la meilleure part. Les navires de ce temps-là étaient loin d'approcher de nos géants d'aujourd'hui ; leur capacité ne dépassait pas 360 tonnes. Leur construction et leurs moyens d'action ne leur permettaient pas d'affronter les gros temps. En général, durant l'hiver, ils restaient au port.

De plus, l'insécurité des mers est grande. Elle l'est par le fait des guerres incessantes : les navires des puissances neutres sont de bonne prise. Elle l'est par le fait de la piraterie : celle-ci constitue un moyen, sinon honorable, du moins admis, de gagner sa vie. Aristote veut qu'on le réserve à l'égard des barbares; mais le moyen, quand on court les mers, par métier, de laisser échapper une belle occasion parce qu'elle s'offre sous l'aspect de compatriotes! Certaines régions de la Grèce sont de véritables nids à pirates ; la Crète a toujours eu à cet égard une mauvaise réputation ; l'Étolie ne valait guère mieux.

Pénétrons maintenant dans l'une des places commerciales que nous avons citées. Le commerce est centralisé en deux endroits : l'emporion et l'agora ; le premier au port, la seconde dans la ville. Je dois rappeler que, dans les commencements, les Grecs bâtissaient leurs villes, comme Athènes, dans l'intérieur des terres, à l'abri des coups de main des pirates. Plus tard, seulement, ils se rapprochèrent de la mer, comme à Rhodes.

A peu de chose près, le Pirée offre encore le même aspect que dans l'antiquité : des bornes qui ont été retrou-

vées en place indiquent les limites du port de commerce. Les quais contre lesquels venaient se ranger, comme aujourd'hui, les embarcations légères, que l'on appelle des caïques, n'étaient pas bien étendus (1) : Ils étaient bordés par des magasins bâtis en portiques, στοαί, au nombre de cinq : on cite le magasin des grains. Il y avait aussi un local appelé δεῖγμα, une véritable bourse, où les marchands exposaient des échantillons et où se traitaient les affaires.

Du côté de la terre, l'emporion est également délimité par des bornes. C'est dans cet espace que les marchandises doivent être déchargées : celles qui sont destinées à l'emporion sont revendues sur place ; celles qui sont destinées au commerce local sont transportées à l'agora.

Les dimensions du port de Délos étaient encore plus modestes. Le port proprement dit n'avait qu'un développement de rivage de 800 mètres. Il n'était pas entièrement entouré de quais ; ceux-ci s'étendaient seulement sur 250 mètres, et ne formaient pas une ligne continue ; dans les intervalles, on avait disposé le sol en une pente pavée qui descendait jusqu'au sable (2). L'auteur auquel nous devons ces mesures ne peut en croire ses yeux. « N'oublions pas, dit-il, que les navires des anciens n'avaient point les proportions des nôtres. De plus, les anciens mouillaient leurs bâtiments côte à côte, poupe au quai et proue en avant : un voilier à quai ne s'amarre pas autrement. C'est ainsi rangés que l'on voit aujourd'hui, dans le port du Pirée, les caïques de l'Archipel. Cette disposition permet à de nom-

(1) Les mesures exactes sont difficiles à donner, parce que l'on n'est pas d'accord sur l'utilisation des différentes parties du Pirée pour le port de commerce et pour le port militaire.

Un ingénieur grec, M. Angelopoulos, donne aux quais du port de commerce 2240 m. ; il ajoute 800 m. environ pour les môles ; mais il ne tient pas compte des deux bornes qui semblent avoir été trouvées *in situ*. Περὶ Πειραίως καὶ τῶν λιμένων αὐτοῦ. Athènes, 1898.

(2) Ardaillon, *Bull. Corr. Hellén.*, XX, p. 432 et *Quomodo Graeci collocaverint portus atque aedificaverint*. Lille, 1898.

breux bâtiments de faible tonnage, de trouver place en un court espace. » « En dehors du port, ajoute-t-il, vers le sud, on retrouve 1500 mètres de quais ; ils ont été, semble-t-il, en partie construits par des commerçants pour l'usage de leurs magasins, parfois sur une largeur de 15 mètres, souvent de 4 à 5 mètres seulement, et sur une hauteur qui ne dépasse le niveau de l'eau que de 30 à 40 centimètres, quelquefois de 2 mètres. »

Les installations de l'emporion de Délos étaient les mêmes que celles du Pirée. D'abord, les bazars disposés en portiques, στοαί ; puis la Bourse, δεῖγμα, qui se composait d'un bâtiment à deux ailes d'une longueur, l'une de 44 mètres, l'autre de 75 mètres ; enfin les magasins.

Les marchandises, débarquées dans le port, alimentent en partie le commerce local ; celui-ci est concentré à l'agora. A Athènes, il y avait une agora au Pirée et dans la ville même. Les boutiquiers y dressent des échoppes bâties en planches ; mais à Athènes et en d'autres villes, on a, de bonne heure, construit des bazars qui fournissent aux négociants des installations plus commodes. La Grèce moderne répète ici encore la Grèce ancienne : le marché est resté le centre de la vie commerciale. Les cultivateurs apportent des fruits ou des légumes ; les artisans étalent les produits de leur travail. Dans les rues avoisinantes, comme autrefois encore, le marché se prolonge sur les trottoirs et dans les maisons. Rien n'est plus frappant que cette intensité du commerce de détail. Les étalages sont très spécialisés. Les artisans, qui travaillent sous les yeux du public, sont nombreux : il ne manque que Socrate causant avec ses disciples dans l'atelier du fabricant de brides. La spécialisation du commerce et du travail multiplie les transactions : la même pièce de monnaie passe en un jour par de nombreuses mains. Les bénéfices sont petits, mais on s'en contente. Une foule bruyante et affairée entoure les échoppes et, au milieu des allées et venues, dans le mouvement des paroles et des gestes, on se donne l'illusion

de faire beaucoup de besogne ; mais le Grec a toujours été plus habile qu'appliqué, plus adroit que laborieux, plus amateur de paroles et de belles attitudes que d'actions. Dans l'antiquité, comme aujourd'hui, à l'agora, on faisait beaucoup de bruit pour rien. Plus d'un historien s'y est laissé prendre. On se représente Athènes, Rhodes, Délos, comme de grandes places de commerce disposant d'énormes capitaux, traitant des affaires gigantesques, dévorées par la fièvre des spéculations. La réalité était beaucoup plus modeste : à l'emporion comme à l'agora, en général, on opérait petitement sur des quantités médiocres, avec peu d'argent. Les affaires n'étaient considérables que par l'adresse que l'on y déployait, et parfois par l'éloquence que l'on mettait jusque dans d'humbles trafics.

La législation relative au commerce donne la meilleure justification de ce que je viens de dire ; elle ne se compose que de quelques articles. Elle est simple comme les situations et les intérêts qu'elle règle.

L'entrée et la sortie de toutes les marchandises n'étaient pas absolument libres : en Macédoine, la sortie des bois de construction était soumise à des restrictions ; ailleurs c'était le blé dont les pays producteurs réglaient l'exportation.

Partout, d'innombrables décrets honorifiques accordent, à des étrangers, comme un privilège, le droit de faire entrer et de faire sortir des marchandises.

Les droits d'entrée et de sortie, les taxes perçues à l'occasion des ventes au marché sont les sources principales des revenus, où, dans beaucoup de cités, s'alimente le trésor public. Le taux ordinaire des droits d'entrée et de sortie est de 2 °/₀. On a retrouvé récemment le règlement des douanes de Kyparissos (1). Dès que le navire est arrivé dans la zone de l'emporion, son chargement

(1) *Bull. Corr. Hellén.*, XXI, p. 574.

sera déclaré aux receveurs du 50e, et les droits seront acquittés préalablement à toute vente. Les exportateurs doivent, avant le chargement, faire la déclaration et payer le droit. Toute infraction est frappée d'une peine du décuple. Est encore punie, toute déclaration de valeur inférieure à la valeur réelle.

On a soutenu, il est vrai, que le Pirée était un port franc ; mais rien ne confirme cette opinion. Tout au contraire, un décret du IVe siècle montre que toute marchandise indistinctement devait les droits de douane : dans ce décret, on voit que les Athéniens imposent aux habitants de l'île de Céos d'amener au Pirée, et nulle part ailleurs, le vermillon qu'ils exploitent. Ce vermillon sera en partie employé à Athènes, mais en partie aussi, cela va de soi, réexporté. Or, le payement des droits d'entrée pour toutes les quantités introduites est formellement prévu (1).

On remarque que toutes les marchandises sont frappées d'une façon uniforme, les matières premières comme les produits fabriqués, les denrées nécessaires à la vie comme les objets de luxe. Le droit pèse assez lourdement sur les denrées qui sont importées pour être immédiatement exportées, puisqu'il arrive à être de 4 p. c. Aux droits de douane, il faut ajouter des taxes diverses, taxes de déchargement, etc. (2).

Arrivées à l'agora, les marchandises sont de nouveau frappées par le fisc qui perçoit un droit sur toutes les ventes. Nous en ignorons le taux : il semble qu'il était à Athènes du centième.

A Athènes encore, il était défendu de prêter sur un navire dont le chargement de retour était destiné à un autre port qu'Athènes. Cette mesure visait surtout les navires qui se rendaient dans les pays producteurs de grains, et, en leur enjoignant le retour à Athènes, assurait l'approvisionnement de la ville. Dans le même but,

(1) *Corp. inscr. Attic.*, II, p. 546.
(2) A Délos. *Bull. Corr. hellén.*, VI, p. 66.

cette règle que les deux tiers du blé importé devaient être dirigés sur l'agora d'Athènes ; l'autre tiers seul pouvait être exporté.

Quelques chiffres pour terminer.

Le plus précis nous est donné par Polybe (1): en 164, les Romains, pour punir les Rhodiens, déclarèrent Délos port franc. Du coup, les douanes de Rhodes ne donnèrent plus que 150 000 drachmes (2) au lieu d'un million qu'elles donnaient auparavant. Le droit étant supposé au taux ordinaire de 2 p. c., tout le mouvement commercial de Rhodes s'élèverait à 50 millions, ou même beaucoup moins, puisque dans ce million de droits de douane sont compris le droit d'entrée et le droit de sortie.

Des inscriptions de Délos nous donnent deux chiffres, mais antérieurs à la grande prospérité de l'île : en 279, le produit des douanes est de 14 200 ; en 250, de 5250 drachmes.

A Athènes, en 400, à un moment de ralentissement des affaires, les douanes rapportaient encore de 30 à 36 talents (3) pour 1500 à 1800 talents de marchandises importées et exportées, ce qui, en ne tenant compte que des 2 p. c. perçus à l'entrée, correspond à 10 millions environ de drachmes. Quelques années auparavant, les Athéniens avaient frappé leurs vassaux d'une contribution de 5 p. c. sur les marchandises transportées par mer ; ils remplaçaient par là le tribut qui donnait 1000 talents ; la nouvelle taxe devait au moins rapporter la même somme. Si cela est, tout le mouvement commercial dans les ports de l'empire athénien représentait une valeur de 120 millions de drachmes environ.

Pour que ces chiffres nous donnassent une idée tout à fait précise, il faudrait connaître la valeur de l'argent

(1) Polybe, XXXI, 7, 12.

(2) Il est probable qu'il s'agit là de drachmes de Rhodes, valant 4/5 de celles d'Athènes. Ces chiffres, réduits en monnaie athénienne, devraient dont être diminués de 1/5.

(3) Andoc, *de Myst.*, 133.

dans l'antiquité. On semble d'accord pour proposer comme multiple le nombre 3. Nous aurons donc en francs : Importation à Athènes tout au début du IVe siècle : 30 millions. Mouvement commercial dans l'empire athénien tout à la fin du Ve siècle : 360 millions. Importation à Rhodes au IIe siècle : 150 millions.

Ce sont là des sommes bien minimes : elles font sourire presque, si on les rapproche de celles d'aujourd'hui. Ainsi se marque, par la brutalité des chiffres, la différence des époques, des régimes économiques et des civilisations. Les Grecs, malgré tout, supportent la comparaison ; car si nous les battons sur le terrain des affaires, nous n'avons encore rien à opposer à Homère, ni à Phidias. Ils ont pu remuer moins d'argent que nos contemporains ; ils n'en ont remué que plus d'idées, et, quoi qu'on en dise, leurs chefs-d'œuvre littéraires et artistiques, leur philosophie resteront les sources auxquelles les peuples et les individus avides d'une culture supérieure devront continuer à s'abreuver.

HENRI FRANCOTTE.

LES ORIGINES DE LA STATIQUE [1]

Chapitre XVII

LA COORDINATION DES LOIS DE LA STATIQUE

1. *Le P. Marin Mersenne* (1588-1648) — *Blaise Pascal* (1623-1662) — *Le P. Zucchi* (1586-1670) — *Le P. Honoré Fabri* (1606-1688)

Lorsque le XVIIe siècle parvient au milieu de sa course, l'œuvre entreprise en Statique par Stevin, par Galilée, par Roberval, par Descartes et par Torricelli se trouve accomplie. Au moment où débuta le XVIe siècle, la plupart des grandes vérités de la Statique avaient été déjà entrevues, soit par les mécaniciens de l'École de Jordanus, soit par Léonard de Vinci. Puis elles s'étaient obscurcies de nouveau, et la critique étroite et partiale des géomètres les avait rejetées dans l'oubli. C'est ainsi que la brume se déchire un instant et laisse apercevoir la neige étincelante des hautes cimes qu'un nouveau nuage vient bientôt voiler. Maintenant, les propositions les plus importantes, parmi celles qui composent la Science de l'Équilibre, sont formulées d'une manière précise ; les silhouettes des principaux sommets se dessinent avec netteté. Mais il s'en faut bien que la Statique soit complètement constituée. Une

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1903, p. 463, avril 1904, p. 560, juillet 1904, p. 9, octobre 1904, p. 394, janvier 1905, p. 96, avril 1905, p. 462, juillet 1905, p. 115, octobre 1905, p. 508, et janvier 1906, p. 115.

théorie scientifique n'est pas la réunion de quelques grandes vérités isolées les unes des autres ; elle est un système où ces vérités s'enchaînent les unes aux autres, une classification méthodique dont l'ordre manifeste les affinités naturelles des divers principes. Or, de cet enchaînement, nul mécanicien n'a encore la claire vision. Si les principaux sommets brillent déjà, éclairés d'une vive lumière, les contreforts qui les unissent et les groupent en un même massif sont encore noyés dans l'ombre. Parfois même, les yeux qui contemplent un pic n'aperçoivent pas une cime voisine. Descartes, qui marque si nettement les contours du principe des déplacements virtuels, n'a de la loi de la composition des forces qu'une vue extrêmement confuse et inexacte.

Il reste donc, pour que la Statique soit une science faite, une œuvre importante à accomplir. Il reste à grouper les diverses lois déjà découvertes en un système un et coordonné, à montrer comment elles s'accordent entre elles, comment elles dérivent les unes des autres, comment, en chaque circonstance, elles fournissent les conditions qui suffisent à assurer l'équilibre et qui sont nécessaires pour qu'il ait lieu.

Ce travail de systématisation et de coordination, nul, plus que le P. Mersenne, n'a souhaité ardemment de le parfaire ; nul ne s'y est plus activement efforcé. Malheureusement, le laborieux Minime n'était pas apte à mener à bonne fin la tâche qu'il s'était imposée. Pour classer en une théorie harmonieuse toutes ces propositions diverses et disparates, il fallait une vue claire et profonde des principes, une extrême rigueur de déduction, un sens critique très sûr et très finement aiguisé ; Mersenne était doué seulement d'une curiosité inlassable de collectionneur et d'une exubérante imagination d'artiste. Aussi, à la place du système logique qu'il eût fallu construire, ne composa-t-il qu'une compilation.

Compilation fort complète, d'ailleurs, et pour laquelle les œuvres de presque tous les mécaniciens contemporains furent mises à contribution.

Dès 1626, Mersenne avait donné son *Synopsis mathematica* (1), longue liste de propositions dues soit à des géomètres anciens, soit à des auteurs modernes. A côté des théorèmes qui composent les traités d'Archimède, Mersenne avait reproduit les énoncés qui forment les ouvrages de Commandin et de Luca Valerio ; il y avait joint maint texte emprunté à Simon Stevin, à Guido Ubaldo, à Villalpand, à d'autres encore. Les *Mechanicorum libri* demeurèrent jusqu'à la fin du XVIIe siècle le thème de plus d'un traité de Statique, d'autant qu'en 1644, Mersenne réédita son *Synopsis* (2).

En 1634 paraissent *Les méchaniques de Galilée* ; l'infatigable compilateur ne s'est pas contenté de traduire l'œuvre du grand géomètre de Pise ; il y a joint « plusieurs additions rares et nouvelles, utiles aux Architectes, Fonteniers, Philosophes et Artisans » ; et parmi ces additions, plusieurs sont empruntées aux « Méchaniques du Guid-Ubalde (3) ».

L'année 1636 voit paraître les *Harmonicorum libri* ; Mersenne y rapporte les premiers travaux de Galilée sur la chute accélérée des graves ; la Statique y tient peu de place ; cependant, on y étudie (4) de quelle manière varie la pesanteur d'un grave pendu à l'extrémité d'un bras de levier lorsque ce levier tourne autour du point d'appui ; l'influence de Benedetti, dont Mersenne ne cite pas le nom

(1) V. Chapitre XIII, 1, et Chapitre XV, 2.

(2) *Universæ Geometriæ mixtœque Mathematicæ synopsis, et bini refractionum demonstratarum tractatus* ; studio et operâ F. M. Mersenni M. ; Parisiis, apud Antonium Bertier, viâ Jacobæâ, sub signo Fortunæ, MDCXLIV.

(3) Mersenne, *Les méchaniques de Galilée*, p. 23. Cf. L'épître dédicatoire adressée à M. de Reffuge.

(4) F. Marini Mersenni, ordinis minimorum, *Harmonicorum libri*; Lutetiæ Parisiorum, sumptibus Guglielmi Baudry, MDCXXXVI ; Liber secundus, de causis sonorum, Propositio XXIV, Corollarium IV, p. 22.

en cet ouvrage, mais qu'il invoquera en un autre écrit, est ici bien manifeste.

En la même année 1636, Mersenne donne, en français, l'*Harmonie universelle*. Là se trouve inséré le « *Traité de Méchanique*, des poids soustenus par des puissances sur les plans inclinez à l'horizon ; des puissances qui soustiennent un poids suspendu à deux chordes ; par G. Pers. de Roberval ». Mais le laborieux Minime ne se borne pas à adjoindre l'écrit de Roberval à la partie de son propre ouvrage qu'il a intitulée : *A. Traitez de la nature du son et des mouvemens de toutes sortes de corps. Livre second. Des mouvemens de toutes sortes de corps*. Dans cette même partie, après avoir rapporté la théorie de Galilée sur la chute des corps et critiqué les hypothèses faites par le grand physicien au sujet du plan incliné, hypothèses qui ne s'accordent pas avec ses propres expériences, Mersenne « examine (1) la 9 proposition du 8 livre des Recueils Mathématiques de Pappus, qui consiste à sçavoir quelle force est nécessaire pour soustenir un poids donné sur un plan droit incliné à l'horizon selon un angle donné, dont j'ay déjà parlé assez amplement dans la 4 addition que j'ay mis (*sic*) dans les méchaniques de Galilée ; c'est pourquoi j'ajoûte seulement ici la démonstration qu'en a fait Monsieur de Roberval, l'un des plus excellens géomètres de ce siècle ».

Roberval n'est point le seul mécanicien dont les œuvres soient étudiées dans l'*Harmonie universelle*. Peu après le passage que nous venons de citer, Mersenne nous montre (2) que la loi du plan incliné donnée par Cardan au *De Proportionibus* n'est point exacte ; puis (3) que « Cardan, Tartalea et Guid-Ubalde ont failli touchant la balance ».

Ailleurs (4), Mersenne se montre préoccupé de la

(1) Mersenne, *loc. cit.*, Proposition VII, Corollaire VIII, p. 121.
(2) Id., *ibid.*, Proposition X, Corollaire I, p. 124.
(3) Id., *ibid.*, Proposition X, Corollaire II, p. 124.
(4) Id., *Harmonie universelle*. A. Traitez de la nature des sons et des

diminution que peut éprouver la pesanteur d'un corps qu'on éloigne du sol. Cette préoccupation se retrouve en plusieurs passages des *Nouvelles observations physiques et mathématiques*, observations qui doivent prendre place à la fin de l'*Harmonie universelle*. Nous y voyons Mersenne (1) soucieux de l'objection qu'adressait Fermat à la théorie du levier donnée par Archimède ; il tient compte de la convergence des verticales au moyen du théorème des moments, « comme fait Jean Benoist dans son 3 Chapitre sur les méchaniques, ce que plusieurs excellents géomètres estiment véritable ». Auparavant, il avait reproduit (2) sur le même sujet l'étrange raisonnement de « Monsieur Fermat, conseiller au parlement de Tholose, et très excellent géomètre », non sans ajouter : « Je ne voy pas la force de cette démonstration » ; il avait aussi annoncé la prochaine publication de la Géostatique de Monsieur de Beaugrand.

L'*Harmonie universelle* traitait d'un grand nombre de questions de Mécanique ; mais ces questions, éparses en diverses parties de l'ouvrage, ne se réunissaient pas de manière à former un traité de Mécanique. Ce traité, Mersenne tenta quelques années plus tard de le composer ; il l'adjoignit à l'un de ces ouvrages touffus et désordonnés, consacrés aux questions les plus diverses, qu'il avait coutume de publier. Le *Tractatus mechanicus, theoricus et practicus*, publié à Paris, chez Antoine Bertier, en 1644, forma la seconde partie des *Cogitata physico-mathematica* (3).

mouvemens de toutes sortes de corps. Livre troisième : Du mouvement, de la tension, de la force, de la pesanteur, et, des autres propriétez des chordes harmoniques et des autres corps. Proposition XIX, p. 207.

(1) Mersenne, *Harmonie universelle*, Nouvelles observations physiques et mathématiques, Ve observation, pp. 16-17.

(2) Id., *ibid.*, Livre VIII. De l'utilité de l'harmonie et des autres parties des mathématiques. Proposition XVIII, pp. 61 et seqq.

(3) Voici quelques indications sur ce curieux ouvrage :

Il est intitulé : F. Marini Mersenni Minimi *Cogitata physico-mathematica*, in quibus tam naturæ quam artis effectus admirandi certissimis

Ce *Tractatus mechanicus* n'est, en réalité, qu'une compilation fort peu méthodique des connaissances acquises en Statique par le P. Marin Mersenne.

Le *prœludium* par lequel il débute renferme quelques figures (1) relatives au levier et au plan incliné ; les *Questions mécaniques* du Stagirite inspirent la démonstration de la règle du levier, tirée des vitesses avec lesquelles se meuvent les extrémités. Visiblement, les propositions

demonstrationibus explicantur. Parisiis, sumptibus Antonii Bertier ; via Jacobea, MDCXLIV.

Une *Prœfatio prœfationum* réunit les divers traités qui composent ce volume. Elle est suivie d'un sommaire ainsi libellé : Tractatus isto volumine contenti : I. De mensuris, ponderibus et nummis Hebraïcis, Græcis et Romanis ad Gallica redactis. — II. De hydraulico-pneumaticis phænomenis. — III. De Arte nautica, seu Histiodroma, et Hydrostatica. — IV. De Musica theorica et practica. — V. De mechanicis phænomenis. — VI. De Ballisticis, seu Acontismologicis phænomenis.

Alors une *Prœfatio generalis*, sans pagination, précède un écrit de 40 pages : *De Gallicis, Romanis, Hebraïcis et aliis mensuris, ponderibus et nummis*. Ce traité est une seconde rédaction, plus correcte, de celui que nous allons rencontrer peu après.

Un faux titre : *Hydraulica, pneumatica, arsque navigandi, Harmonia theorica, practica et mechanica phænomena*, autore M. Mersenno M., Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, viâ Jacobeâ, MDCXLIV, précède une épître dédicatoire au Marquis d'Estampes Valençay, le *Tractatus de mensuris, ponderibus atque nummis tam Hebraïcis quam Græcis et Romanis ad Parisiensia expensis* (pp. 1-40) et le *De hydraulicis et pneumaticis phænomenis* (pp. 41-214).

Un nouveau faux-titre : *Ars navigandi super et sub aquis, cum Tractatu de Magnete et Harmoniæ theoreticæ, practicæ et instrumentalis*. Libri quatuor. Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, viâ Jacobæâ, sub signo Fortunæ, MDXLIV — annonce les matières qui occupent les pages 225 à 370. Là se trouve, en particulier (pp. 225-235), l'Hydrostatique.

Nous trouvons encore un faux-titre, accompagné cette fois d'un changement de pagination. Ce faux-titre porte : F. Marini Mersenni Minimi *Tractatus mechanicus, theoricus et practicus*. Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, viâ Jacobæâ, sub signo Fortunæ, MDCXLIV. 90 pages composent ce traité.

Un dernier faux-titre, accompagné d'un troisième changement de pagination, est ainsi rédigé : F. Marini Mersenni Minimi *Ballistica et Acontismologia, in quâ sagittarum, jaculorum, et aliorum missilium jactus, et robur arcuum explicantur*. Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, viâ Jacobæâ, MDCXLIV. Cette dernière partie compte 140 pages.

Un *Index amplissimus omnium rerum quas hoc primum volumen complectitur* termine l'ouvrage.

(1) Mersenne, *Tractatus mechanicus*, p. 2.

II et V (1), consacrées à la notion de moment, ont subi l'influence de Benedetti, tandis que la proposition VI (2) reproduit des considérations de Guido Ubaldo, qui semblent méconnaître cette notion. La proposition X (3) développe, au sujet de l'utilité des poulies, des considérations qui sont empruntées à Galilée. Mais les deux auteurs auxquels Mersenne doit le plus sont Descartes et Roberval.

De Descartes, le laborieux compilateur reproduit presque en entier la lettre que ce « Vir clarissimus » lui écrivit le 13 juillet 1638 (4), et que nous avons étudiée au Chapitre XIV. Cette lettre fournit la théorie du levier (5), celle du plan incliné (6), à propos de laquelle Mersenne formule l'axiome de Descartes, enfin la variation apparente du poids d'un corps lorsque ce corps s'éloigne du centre de la Terre (7).

Le calcul de la force qui doit agir parallèlement ou obliquement à un plan incliné pour maintenir un corps

(1) Mersenne, *Tractatus mechanicus*, p. 10 et p. 18.
(2) Id., *ibid.*, p. 23.
(3) Id., *ibid.*, p. 36.
(4) Il y était, du reste, dûment autorisé par une lettre de Descartes en date du 2 février 1643 (*Œuvres de Descartes*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery, *Correspondance*, t. III, p. 611). Descartes, en cette lettre, disait à Mersenne que plusieurs personnes, en Hollande, avaient déjà eu copie de sa Statique. Ces copies provenaient de l'exemplaire adressé à Constantin Huygens; les unes étaient en français, d'autres traduites en latin. C'est une de ces traductions latines que l'abbé Nicolas Poisson, prêtre de l'Oratoire, retraduisit en français et fit imprimer en 1668 (*a*). Jean Daniel Mayor, au contraire, ayant trouvé une copie française de l'*Explication des engins*, la traduisit en latin et la fit imprimer à Kiel en 1672.
(5) Mersenne, *Tractatus mechanicus*, Propositio III, p. 12.
(6) Id., *ibid.*, Propositio IX, p. 34.
(7) Id., *ibid.*, Propositio VII, p. 25.

(*a*) *Traicté de la Mécanique* composé par M. Descartes, de plus l'*Abrégé de la Musique* du même auteur, mis en français avec les éclaircissemens nécessaires, par N.P.P.D.L.; Paris, Angot, 1668. Cette traduction du *Traicté de la Mécanique* fut réimprimée en 1724, à Paris, avec la Méthode, la Dioptrique et les Météores. Victor Cousin l'a insérée au t. V de son édition des *Œuvres* de Descartes (Paris, 1825).

pesant en équilibre sur ce plan est tiré (1) du *Traité de Méchanique* composé par Roberval et inséré en l'*Harmonie universelle*.

Ce n'est point, d'ailleurs, dans le *Tractatus mechanicus* que Mersenne reproduit la théorie de Roberval touchant le parallélogramme des forces. Il la donne seulement dans la *Ballistica et Acontismologia*, où elle forme les propositions V et VI (2).

Ajoutons enfin que l'influence de Stevin, moins manifeste que celle des auteurs précédemment cités, n'est point cependant entièrement absente de la Statique de Mersenne. Elle se trahit plus clairement en d'autres parties des *Cogitata physico-mathematica*. Le mot *antisacoma*, employé en un certain lieu (3), en est déjà la trace non douteuse. Elle se marque surtout, profonde et nette, en l'Hydrostatique, que Mersenne emprunte presque entièrement au géomètre de Bruges.

Tel est ce traité de Mécanique, où les fragments tirés des écrits les plus divers s'accolent en une mosaïque grossière, sans que rien les raccorde les uns aux autres, sans qu'aucune transition atténue la dureté tranchée de leurs disparates. Visiblement, Mersenne n'était point homme à ramener à l'unité tant d'œuvres dissemblables, à mettre d'accord tant de principes, contradictoires en apparence.

Tout ce qui manquait à Mersenne pour réduire la Statique en un corps de doctrine, pénétration profonde des principes, rigueur de la déduction logique, acuité du sens critique, toutes ces qualités, Pascal les possédait au degré suprême. Il était donc merveilleusement préparé à l'œuvre qu'il s'agissait d'accomplir ; et il semble bien, en effet, qu'il s'y soit essayé. Son essai, malheureusement, ne nous est pas parvenu.

Nous en avons connaissance par un passage du *Traité*

(1) Mersenne, *Tractatus mechanicus*, pp. 47-56.
(2) Id., *Ballistica et Acontismologia*, pp. 10-18.
(3) Id., *De hydraulicis et pneumaticis phænomenis*, p. 141.

de l'Équilibre des liqueurs que Périer publia à Paris, en 1663, un an après la mort de son beau-frère. Au Chapitre II, intitulé : *Pourquoi les liqueurs pèsent suivant leur hauteur*, nous lisons ceci :

« Voici encore une preuve qui ne pourra être entendue que par les seuls géomètres, et peut être passée par les autres.

» Je prends pour principe, que jamais un corps ne se meut par son poids, sans que son centre de gravité descende...

» J'ai démontré par cette méthode, dans un petit *Traité de Mécanique*, la raison de toutes les multiplications de forces qui se trouvent en tous les autres instruments de mécanique qu'on a jusqu'à présent inventés. Car je fais voir en tous, que les poids inégaux qui se trouvent en équilibre par l'avantage des machines, sont tellement disposés par la construction des machines, que leur centre de gravité commun ne sauroit jamais descendre, quelque situation qu'ils prissent ; d'où il s'ensuit qu'ils doivent demeurer en repos, c'est-à-dire en équilibre. »

Le principe adopté par Pascal, en son petit *Traité de Mécanique*, est donc le principe formulé par Torricelli.

Pascal ne méconnaissait point, d'ailleurs, la valeur de l'axiome invoqué par Descartes. Au *Traité de l'Équilibre des liqueurs*, en ce même Chapitre II, nous lisons ceci :

« Et l'on doit admirer qu'il se rencontre en cette machine nouvelle cet ordre constant qui se trouve en toutes les anciennes : savoir, le levier, le tour, la vis sans fin, etc., qui est, que le chemin est augmenté en même proportion que la force..... De sorte que le chemin est au chemin comme la force est à la force ; ce que l'on peut prendre même pour la vraie cause de cet effet : étant clair que c'est la même chose de faire faire un pouce de chemin à cent livres d'eau, que de faire faire cent pouces de chemin à une livre d'eau, et qu'ainsi, lorsqu'une livre d'eau est tellement ajustée avec cent livres d'eau, que les cent livres

ne puissent se remuer un pouce, qu'elles ne fassent remuer la livre de cent pouces, il faut qu'elles demeurent en équilibre, une livre ayant autant de force pour faire faire un pouce de chemin à cent livres, que cent livres pour faire faire cent pouces à une livre. »

Pascal admettait donc à la fois l'axiome de Descartes et l'axiome de Torricelli ; mais nous ignorons s'il était parvenu à montrer pourquoi ces deux principes s'accordaient en toutes leurs conséquences, ni même si cette question avait sollicité son attention.

Le sens critique est assurément la faculté que le P. Zucchi prisait au plus haut point. C'est avec beaucoup de finesse et de subtilité qu'il relève, en sa *Nouvelle philosophie des machines* (1), tout ce qu'ont d'inadmissible les assertions émises par Aristote, dans les premiers chapitres de ses *Questions mécaniques ;* il ne montre pas moins de sagacité lorsqu'il s'efforce de mettre en lumière les postulats implicites et, d'ailleurs, nullement évidents qu'Archimède appelle à son aide pour justifier la loi du levier.

Ce sens critique, toutefois, n'était ni si délié, ni si sûr qu'il pût guider le P. Zucchi, sans erreur ni défaillance, parmi les divers principes de Statique que les géomètres modernes avaient proposés ; entre ces axiomes disparates, il hésite ; parmi ces notions mal définies, il confond.

En un de ses axiomes (2), par exemple, il prend le mot *virtus* au sens où Descartes disait *force,* où nous disons aujourd'hui *travail;* mais, en l'axiome suivant, le mot

(1) *Nova de Machinis Philosophia in qua, Paralogismis Antiquæ detectis, explicantur Machinarum vires unico principio, singulis immediato,* authore Nicolao Zucchio Parmensi, Societatis Jesu, olim professore Mathematicæ in Collegio Romano. Accessit exclusio vacui contra nova experimenta, contra vires Machinarum. Promotio Philosophiæ Magneticæ ; ex ea novum argumentum contra systema Pythagoricum. Romæ, typis hæredum Manelphii, MDCXXXXIX. — Une première édition de cet ouvrage avait été donnée à Paris en 1646 ; les matières mentionnées dans le titre de la seconde édition à partir du mot *accessit* ne figuraient pas dans la première édition.

(2) Zucchi, *loc. cit.*, pars secunda, sectio V, 2, p. 45.

virtus a pris le sens que nous donnons aujourd'hui au mot *force*. Le premier de ces postulats semble annoncer que l'auteur va fonder toute sa Statique sur le principe Cartésien : *Ce qui suffit à élever un certain poids à une certaine hauteur, suffit aussi à élever un poids* K *fois plus grand à une hauteur* K *fois moindre*. Mais le raisonnement tourne à l'improviste et le principe auquel il se trouve conduire est le principe Péripatéticien : *Ce qui suffit à mouvoir un certain poids avec une certaine vitesse, suffit également à mouvoir un poids* K *fois plus grand avec une vitesse* K *fois moindre*.

Toutefois, généralisant la remarque que Galilée avait faite au sujet du plan incliné, Zucchi a soin de corriger l'axiome Péripatéticien : « La vitesse ou la lenteur du mouvement, dit-il (1), doit être estimée suivant la ligne de l'inclination de la puissance motrice ou résistante ; en particulier, dans le cas des poids, elle doit être estimée suivant la verticale, car l'inclination de ces poids au mouvement vers le bas ou leur résistance au mouvement vers le haut est dirigée suivant cette ligne. »

On voit, par cette citation, avec quelle aisance les contemporains de Descartes étendaient à des puissances de direction quelconque ce qu'ils savaient être vrai au sujet des poids. Il nous semblera donc fort naturel, au prochain §, que Wallis apporte une semblable généralisation à l'axiome de Statique formulé par le grand philosophe français.

Au moment où le P. Zucchi donnait à Paris la première édition de sa *Nova de machinis philosophia*, un autre savant Jésuite s'efforçait de présenter la Dynamique sous une forme entièrement logique, où les lois mathématiques de cette science fussent très exactement déduites des principes de la Philosophie naturelle ; ce Jésuite était le P. Honoré Fabri. Né dans le Bugey, en 1606 ou 1607,

(1) Zucchi, *loc. cit.*, pars tertia, sectio III, p. 86.

le P. Fabri fut professeur au Collège des Jésuites de Lyon, puis Grand Pénitencier du Saint-Office ; il mourut à Rome le 9 mars 1688. Il était, au début de sa carrière scientifique, en très fréquent commerce avec le P. Mersenne.

Le P. Fabri ne publia pas sous son nom le résultat de ses méditations sur le mouvement local ; l'ouvrage où ce résultat se trouve consigné parut (1) sous le nom d'un ami du P. Fabri, Pierre Mousnier, Docteur en Médecine.

L'ouvrage publié par Pierre Mousnier est, avant tout, un traité de Dynamique ; il est, pour l'histoire de cette science, du plus haut intérêt ; mais la Statique étant, en dernière analyse, un cas très particulier de la Dynamique, on ne s'étonnera point qu'elle se trouve touchée en cet écrit.

Le livre V, intitulé : *De motu in diversis planis*, expose la théorie du mouvement d'un grave placé sur un plan incliné ; cette théorie suppose la détermination préalable de la pesanteur apparente d'un tel grave.

Le P. Fabri fonde cette détermination sur cet axiome (2) : *Un corps grave ne se meut spontanément que pour descendre*. De ce postulat, il tire ce corollaire (3), d'où découle toute la théorie du plan incliné : *Le mouvement d'un grave est gêné dans le rapport où le chemin qu'il faut accomplir pour acquérir une hauteur déterminée ou pour accroître d'une longueur déterminée sa distance au centre est à cette longueur verticale.*

Ne voyons-nous pas dans cette formule un ressouvenir de l'ancien axiome de Jordanus : *Gravius in descendendo quando ejusdem motus ad medium rectior ?*

Ce n'est pas la seule relique de la science médiévale

(1) *Tractatus physicus de motu locali, in quo effectus omnes, qui ad impetum, motum naturalem, violentum et mixtum pertinent, explicantur, et ex principiis physicis demonstrantur* ; auctore Petro Mousnerio, Doctore medico ; cuncta excerpta ex prælectionibus R. P. Honorati Fabry, Societatis Jesu. Lugduni, apud Joannem Champion, in foro Cambii, MDCXLVI.

(2) Id., *ibid.*, p. 195, Axioma I.

(3) Id., *ibid.*, p. 196, Theorema V.

que contienne l'ouvrage du P. Fabri ; on y retrouve (1), par exemple, au sujet de la convergence des verticales, tous les paradoxes qu'avaient imaginés Albert de Saxe et son École, et que Villalpand, Bernardino Baldi et Mersenne avaient recueillis.

Le P. Fabri, ou son interprète Pierre Mousnier, ne se contente pas, d'ailleurs, de la brève allusion à la Statique que renferme le Livre consacré au plan incliné ; un appendice (2) est spécialement consacré à l'étude des engins propres à lever de grands fardeaux ; les lois fondamentales qui régissent l'emploi de ces engins s'y trouvent ramenées aux principes sur lesquels le savant Jésuite a assis sa Dynamique.

Plus nettement encore que la Statique du P. Zucchi, la Statique du P. Fabri s'identifie avec la Statique de Galilée, c'est-à-dire, en dernière analyse, avec la Statique d'Aristote, modifiée par la considération du plan incliné. Cela ressort avec évidence des divers axiomes postulés au début de cette Statique :

« Une même puissance produit plus aisément en un même mobile un mouvement moindre qu'un mouvement plus grand. — Un mouvement est d'autant moindre qu'il est plus lent, c'est-à-dire qu'il requiert plus de temps pour parcourir un espace donné. —Un poids égal à un autre ne le peut mouvoir d'un mouvement égal. — Un poids égal à un autre le peut mouvoir d'un mouvement moindre. — Un poids se meut plus aisément suivant une oblique que suivant une verticale d'autant que l'oblique est plus longue que la verticale. — Un poids peut mouvoir un poids plus grand, pourvu que le mouvement de celui-ci soit moindre que le mouvement de celui-là et que le rapport des mouvements soit moindre que le rapport des poids. — Pour qu'un poids puisse entraîner un poids plus petit d'un mouvement

(1) Pierre Mousnier, *loc. cit.*, p. 219.
(2) Id., *ibid.*, *Appendix secunda : De principio physico-statico ad movenda ingentia pondera*, p. 438.

plus grand que le sien, il faut que le rapport des poids soit plus grand que le rapport des mouvements. »

Après avoir formulé ces axiomes, l'auteur énonce en ces termes le « Problème universalissime » de la Statique : « Mouvoir un poids quelconque au moyen de n'importe quelle puissance », et il en donne cette solution générale : « Faire en sorte que le mouvement du poids soit moindre que le mouvement de la puissance et que le rapport des mouvements soit supérieur au rapport des poids. »

A cette solution est joint ce « Corollaire universalissime » : « Il résulte de là que toute l'industrie qui a pour objet de mouvoir de grands poids consiste à rendre leur mouvement de plus en plus lent ; vous pourrez augmenter le poids mis en mouvement dans le rapport où vous aurez diminué le mouvement. »

Quelques indications très sommaires marquent l'application de ce principe au levier, aux moufles, au treuil, à la vis, aux roues dentées, au plan incliné.

L'influence de Descartes, si sensible en certaines parties de la Dynamique exposée par le P. Honoré Fabri, ne se perçoit nullement ici ; toute la Statique du savant Jésuite est construite sur la notion de *momento*, telle que Galilée l'a conçue.

2. *Le Traité de Mécanique de Roberval*

C'est seulement d'une manière incidente, comme appendice à la théorie du mouvement local, que le P. Fabri avait traité des *Méchaniques ;* encore s'était-il borné à présenter sous une forme très générale et très concise le principe qui en justifie l'emploi ; ses leçons, publiées par Pierre Mousnier, ne pouvaient donc, en aucune façon, jouer le rôle d'un traité de Statique. Ce rôle n'était pas joué davantage par l'écrit du P. Zucchi ; cet écrit n'avait

rien d'un traité complet de Statique ; c'était bien plutôt un essai critique sur les principes de la Mécanique.

C'est, au contraire, un traité complet de Mécanique que Roberval se proposait d'écrire.

La publication de cet ouvrage était ardemment souhaitée par les amis du Professeur au Collège de France. En reproduisant, dans ses *Cogitata physico-mathematica*, les théorèmes de Roberval sur le plan incliné, Mersenne espère (1) qu'il excitera « ceux qui s'adonnent aux études de Mécanique à réclamer de notre grand géomètre, qui le cède à peine à Archimède, l'exposé des autres parties de cette Science ; et à le réclamer avec tant d'importunité qu'ils finissent par l'obtenir, pour le plus grand honneur des lettres ». Ces réclamations ne furent pas assez puissantes pour vaincre la répugnance que Roberval paraît avoir éprouvée à l'égard de la publication de ses œuvres.

Le traité de Mécanique de ce grand géomètre n'était cependant point demeuré à l'état de projet ; il avait été composé en entier ; nous en avons le témoignage par une lettre que l'auteur adressait en 1650 à Hevelius (2) ; cette lettre nous fait même connaître les titres des huit livres qui devaient composer cet ouvrage : « Nous avons construit, dit Roberval, une Mécanique nouvelle, depuis les fondations jusqu'au faîte ; sauf un petit nombre, les pierres antiques avec lesquelles elle avait été édifiée jusqu'ici ont toutes été rejetées. Elle est complète en huit étages, auxquels correspondent des livres en même nombre.

» Le premier livre traite, d'une manière générale, du centre de vertu des puissances ; on y cherche s'il existe un tel centre, à quelles puissances il convient et quelles sont celles auxquelles il ne convient pas.

» Le second traite de la balance ; on y examine les poids qui se peuvent faire équilibre.

(1) Mersenni *Cogitata physico-mathematica. Tractatus mechanicus*, p. 47.

(2) *Huygens et Roberval; Documents inédits* par C. Henry. Leyde, 1880.

» Le troisième traite du centre de vertu des puissances en particulier.

» Le quatrième est consacré à un extraordinaire larcin.

» Le cinquième a pour objet les instruments et les machines.

» Le sixième a trait aux puissances qui agissent au sein de certains milieux ; on s'y occupe des corps flottants.

» Le septième est consacré aux mouvements composés.

» Le huitième, enfin, traite du centre de percussion des puissances mobiles. »

Ce traité de Mécanique ne nous est point parvenu.

Longtemps après la mort de Roberval, on publia (1), en annexe à son traité géométrique qui a pour titre : *Observations sur la composition des mouvemens*, un court fragment désigné par ces mots : *Projet d'un livre de Mécanique traitant des mouvemens composés ;* ce fragment, dont nous aurons à nous occuper au § 4, peut être regardé comme un essai pour le septième livre du traité de Mécanique; mais cet essai se borne à ce qui devait former les premières pages de ce livre.

D'autres fragments, composés par Roberval sur divers sujets de Mécanique, et presque tous inédits, se trouvent en un cahier manuscrit conservé à la Bibliothèque Nationale (2).

(1) DIVERS OUVRAGES DE MATHÉMATIQUE ET DE PHYSIQUE PAR MESSIEURS DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES. A Paris, MDCXCIII.

(2) Bibliothèque nationale, fonds latin, Ms. n° 7226. — Voici la composition exacte de ce manuscrit :

Fol. 1 : blanc — fol. 2 (recto) à fol. 30 (verso) : *Tractatus mechanicus a D. D. Roberval, anno 1645.* — fol. 31 (recto) à fol. 33 (verso) : *Demonstratio mechanica.* — fol. 34 (recto) à fol. 54 (recto) : *Lettre de Monsieur de Roberval à Monsieur de Fermates, conseiller de Thoulouze, contenant quelques propositions méchaniques.* — fol. 54 (verso) à fol. 56 (verso) : *Proposition de Monsr de Roberval qui sert à trouver les centres de gravité. Envoyée à Mr Fermat le premier avril 1645.* — foll. 57 et 58 : blancs. — fol. 59 (recto) à fol. 82 (recto) : *Theorema lemmaticum ad invenienda centra gravitatis mire inserviens a D. D. Roberval ; anno 1645* (Ce fragment ne contient pas seulement le lemme dont il s'agit, mais encore l'application de ce lemme à la recherche des centres de gravité du demi-cercle, de la demi-circonférence, de la trochoïde,

Parmi ces fragments, il en est assurément plusieurs que l'on doit regarder comme des ébauches de quelque livre du *Traité de Mécanique* annoncé dans la lettre à Hevelius.

Le *Tractatus mechanicus* que l'on trouve au début du cahier manuscrit ne paraît pas être autre chose que le commencement du premier livre de ce traité. C'est bien, en effet, le *centre de vertu de puissances* quelconques que Roberval se propose comme objet de ses déductions.

Roberval définit ce qu'il entend par *puissance (virtus seu potentia)* ; à ce mot, il attribue exactement le sens que nous attribuons au mot *force* ; c'est, du reste, le sens qu'il lui attribuait dès 1636, dans la lettre à Fermat que nous avons déjà mentionnée au Chapitre précédent : « Nous appelons en général une puissance, y disait-il, cette qualité par le moyen de laquelle quelque chose que ce soit tend ou aspire en un autre lieu que celuy où elle est, soit en bas, en haut ou à costé, soit que cette quantité convienne naturellement à la chose ou qu'elle luy soit communiquée d'ailleurs. De laquelle définition il s'ensuit que tout poids est une espèce de puissance, puisque c'est une qualité par le moyen de laquelle les corps aspirent vers les parties inférieures. Souvent nous appelons aussy du nom de puissance la mesme chose à laquelle la puissance convient, comme un corps pesant est appelé un poids. »

de la courbe associée à la trochoïde et du triangle). — fol. 82 (verso) et foll. 83 et 84 : blancs — fol. 85 (recto) à fol. 207 (recto) : *Traicté de Mechanique et specialement de la conduitte et élévation des eaux. Par Monsieur de Roberval* — fol. 207 (verso) à fol. 210 (recto) : *Proposition fondamentale pour les corps flottants sur l'eau.* — Le reste du cahier est blanc.

De ces divers écrits, un seul a été publié ; c'est la lettre à Fermat, écrite le 11 octobre 1636, et relative à la querelle sur la proposition géostatique ; le commencement de cette lettre fut publié en 1679, à Toulouse, dans les *Varia opera mathematica* D. Petri de Fermat, pp. 138-141 ; la lettre a été donnée in extenso par Paul Tannery et Ch. Henry dans leur édition des *Œuvres* de Fermat, t. II. *Correspondance*, art. XIV, p. 75. Tous les autres fragments sont inédits ; ils mériteraient les honneurs de la publication.

Pour employer notre langage moderne, c'est la composition des forces appliquées à un corps solide que Roberval se proposait d'étudier au premier livre de son *Traité de Mécanique*, dont le *Tractatus mechanicus* de 1645 nous présente sans doute le début.

Le problème est posé, tout d'abord, avec une grande généralité ; le corps peut être un point, une ligne, une surface ; il peut être étendu en toutes dimensions ; les forces peuvent être quelconques. Mais cette généralité ne tarde pas à subir des restrictions, explicites ou implicites ; en fait, Roberval admet que la *puissance* dont est doué chacun des éléments du solide a une grandeur invariable ; il admet qu'elle a une direction fixe ou bien qu'elle se dirige vers un centre fixe.

Ces restrictions rendent légitime le Postulat fondamental auquel Roberval attribue le troisième rang et que, dans sa lettre de 1636, il énonçait déjà en ces termes : « Si une puissance est penduë ou arrestée à une ligne flexible et sans poids, laquelle ligne soit attachée par un bout à quelque arrest, en sorte qu'elle soustienne la puissance, tirant sans empeschement contre cette ligne, la puissance et la ligne prendront quelque position en laquelle elles demeureront en repos, et la ligne sera droicte par force. Soit icelle ligne appelé le pendant ou la ligne de direction de la puissance... »

Du problème déjà restreint qui vient d'être énoncé, le *Tractatus mechanicus* de 1645 examine seulement un cas fort particulier, celui où toutes les forces qui sollicitent le corps solide sont parallèles entre elles et à une direction fixe. Ce cas particulier est étudié, d'ailleurs, avec un grand appareil de rigueur logique ; par une méthode, qui s'inspire à la fois d'Archimède et de Pappus, sont établies l'existence et les propriétés du centre des forces parallèles.

Un commencement de recherches sur la composition des puissances semblables, appliquées à des solides sem-

blables, termine ce fragment sans l'achever ; du premier livre du *Traité de Mécanique* annoncé à Hevelius, livre dont la lettre écrite en 1636 à Fermat nous permet de deviner le plan, la plus grande partie, et la plus neuve, fait défaut.

Le second livre de ce traité était consacré à la balance ; c'est sans doute à ce second livre qu'était destinée la *Demonstratio mechanica* conservée par le Manuscrit de la Bibliothèque Nationale. Cette *démonstration mécanique* est celle de la loi du levier ; comme forme, elle imite les rigoureuses déductions des géomètres grecs ; comme fond, elle se rapproche de celle qu'avaient adoptée Stevin et Galilée.

Selon la lettre qu'il adressait à Hevelius, Roberval traitait, en son troisième livre, « du centre des vertus des puissances en particulier ». Qu'entendait-il par là ? Sans doute la recherche géométrique des centres de gravité de certaines figures, recherche à laquelle il avait consacré une bonne part de son talent de géomètre. Nous trouvons, probablement, une partie des matériaux qui sont entrés dans la composition de ce livre, lorsque nous lisons, au Manuscrit que conserve la Bibliothèque Nationale, la *Proposition de Monsr de Roberval qui sert à trouver le centre de gravité* et le *Theorema lemmaticum ad invenienda centra gravitatis mire inserviens a D. D. Roberval, anno 1645*.

La proposition qui fait le principal objet de ces deux écrits énonce la propriété fondamentale du centre de gravité d'un nombre quelconque de points matériels : Le moment, par rapport à un plan quelconque, de la masse totale des points, réunie en leur centre de gravité, est égal à la somme algébrique des moments de ces points par rapport au même plan. Ce théorème se trouvait implicitement à la base de toutes les recherches de centres de gravité, aussi bien de celles qui avaient été accomplies dans l'antiquité par Archimède ou Pappus que de celles

qui avaient été poursuivies dans les temps modernes par Commandin, Maurolycus, Guido Ubaldo, Stevin et Luca Valerio ; ou, pour mieux dire, ces recherches utilisaient un cas particulier de ce théorème, le cas où le plan choisi passe par le centre de gravité ; mais jamais, croyons-nous, il n'avait été énoncé et démontré dans son entière généralité.

La démonstration de Roberval procède avec ce luxe compliqué d'appareil déductif où se complaisait habituellement notre géomètre ; en la rédaction latine du *Theorema lemmaticum*, ce luxe est vraiment excessif ; on souhaiterait plus de brièveté et de simplicité. A cette rédaction, d'ailleurs, sont jointes d'intéressantes applications du lemme qui y est démontré ; ces applications concernent la recherche des centres de gravité du demi-cercle, de la demi-circonférence, de la trochoïde (1), de la courbe associée à la trochoïde et du triangle.

Que le troisième livre annoncé à Hevelius eût bien pour objet la recherche des centres de gravité particuliers, nous en trouvons la confirmation dans le titre du quatrième livre : « Quartus, de fure mira continet ». Roberval y voulait, sans doute, rapporter l'étrange larcin dont il fut victime de la part de Torricelli ; Pascal nous a conté, dans l'*Histoire de la Roulette*, cet impudent plagiat (2).

Un fragment sur les corps flottants : *Proposition fondamentale pour les corps flottants sur l'eau*, termine le cahier manuscrit conservé à la Bibliothèque Nationale ; il eût servi, sans doute, à la composition du sixième livre du *Traité de mécanique*.

Notre manuscrit ne renferme rien qui ait trait aux mouvements composés, dont devait s'occuper le septième

(1) C'est le nom par lequel Roberval désigne la courbe que Pascal nomme la *roulette* et que l'on appelle communément aujourd'hui la *cycloïde*, selon la proposition de Beaugrand.

(2) *Œuvres complètes* de Blaise Pascal, tome III, p. 338 ; Paris, Hachette, 1880.

livre ; comme nous l'avons dit, le *Projet d'un livre de Mécanique traitant des mouvements composés*, qui fut publié en 1693, semble un essai de rédaction du début de ce livre.

L'objet du huitième livre était le centre de percussion des puissances mobiles, au sujet duquel une si vive discussion s'était élevée entre Roberval et Descartes. Le manuscrit de la Bibliothèque Nationale ne contient rien qui ait trait à cet objet.

Si nous laissons de côté le traité élémentaire dont nous parlerons tout à l'heure, nous ne trouvons rien non plus, en notre manuscrit, qui ait pu entrer dans la composition du cinquième livre, consacré « aux instruments et aux machines ». Cette lacune est particulièrement regrettable ; c'est en ce livre, assurément, que Roberval eût exposé en entier les démonstrations dont le *Traité de Méchanique*, inséré en l'*Harmonie universelle* de Mersenne (1), contenait seulement l'ébauche.

Ainsi nous ne possédons point le *Traité de Mécanique* que Roberval avait composé, comme en témoigne sa lettre à Hevelius ; le cahier manuscrit conservé à la Bibliothèque Nationale nous présente seulement certains fragments que Roberval avait, semble-t-il, fait réunir et classer pour les employer dans la construction de ce grand ouvrage.

Si incomplets et disparates que soient les matériaux réunis sous nos yeux, ils suffisent à nous faire deviner les proportions et le plan de l'édifice achevé ; la perte de cette œuvre paraît être définitive ; elle mérite de vifs regrets. Le *Traité de Mécanique* de Roberval était, à coup sûr, un monument ample et puissant, où les doctrines élaborées au début du XVIIe siècle se trouvaient ordonnées et classées ; le souci de la déduction rigoureuse, poussé jusqu'à la minutie, le rendait certainement prolixe et compliqué ; mais les géomètres qui souhaitaient que la science de

(1) Ce traité était aussi vendu séparément à Paris, par Richard Charlemagne, rue des Amandiers, à la Vérité Royalle, MDCXXXVI.

l'équilibre fût développée avec une parfaite clarté y trouvaient l'entière satisfaction de leurs désirs.

Roberval ne s'était pas seulement soucié des aspirations des géomètres, amis des savantes et rigoureuses déductions ; il avait aussi songé aux besoins des artisans ; ceux-ci n'ont ni assez de force d'esprit, ni assez de loisir, pour suivre les raisonnements par lesquels, d'un petit nombre de postulats simples et généraux, on peut tirer avec méthode les diverses lois de la Mécanique ; et cependant, il leur est nécessaire d'user de ces lois, partant d'en prendre une connaissance claire, précise et assurée. C'est pour leur procurer l'avantage d'une telle connaissance que fut sans doute composé le *Traicté de Mechanique et specialement de la conduitte et élévation des eaux, par Monsieur de Roberval*, dont le texte, malheureusement inachevé, occupe la plus grande partie du Manuscrit de la Bibliothèque Nationale.

Ce *Traicté de Méchanique* n'est pas daté ; mais un passage qu'il renferme nous peut donner une indication sur l'époque où il fut composé. Traitant de l'élévation des eaux au moyen du « Syphon », Roberval s'exprime en ces termes (1) :

« Et quoyque par ce moyen il semble qu'on peut faire passer l'eau par une haute montaigne, touttefois on se souviendra qu'une telle conduitte d'eau est impossible aux lieux plus haults que 32 pieds de France, et qu'un peu au dessoubs de 32 pieds, elle est fort mal asseurée par deux raisons. La première qu'il est fort difficile que le Syphon soit si bien soudé que l'air n'y trouve bientost passage, et par ce moyen le Syphon s'emplissant d'air, l'eau ne coule plus. L'autre raison est qu'en une grande haulteur il faut un syphon trop hault, ainsy il est subject à crever. »

L'expérience de Torricelli a mis en la pression de

(1) Roberval, *loc. cit.*, fol. 176, verso.

l'atmosphère la raison véritable des effets que mentionne Roberval. Il est clair que celui-ci n'a encore, à l'époque où il rédige son *Traicté de Méchanique*, aucune idée de cette expérience célèbre. Or c'est en 1644, qu'au retour d'un voyage en Italie, Mersenne répéta à Paris l'expérience de Torricelli et « la divulgua en France, non sans l'admiration de tous les savans et curieux » (1). Familier de Mersenne, Roberval dut connaître un des premiers l'importante « expérience d'Italie ». Si donc il l'ignore en son *Traicté de Méchanique*, c'est apparemment que ce traité fut rédigé avant 1644.

En ce *Traicté de Méchanique*, plus de définitions, de postulats, de déductions ; mais un exposé très clair, très simple, très exempt de prétentions à la science abstruse, présente les principaux enseignements de la Mécanique; en lisant ce petit ouvrage, on se prend parfois à songer au *Traité de l'équilibre des liqueurs* et au *Traité de la pesanteur de la masse de l'air*, ces deux immortels chefs-d'œuvre de Pascal ; le *Traicté de Méchanique* de Roberval procède du même esprit.

La Dynamique, la Mécanique des fluides en forment la plus grande partie. « Mais auparavant, dit l'auteur, nous donnerons quelque cognoissance des Instruments de la Méchanique, sçavoir autant qu'il en sera besoin pour fabriquer ceux qui servent à nostre dessein de la conduitte et elevation des eaux ». Voilà pourquoi le traité débute par l'étude des « cinq genres principaux d'instruments réguliers et dont les forces sont cognües, sçavoir la balance, le levier, la roüe avec son aissieu, les poulies ou les moufles, et le plan incliné auquel se reduisent le coin et la visz ».

C'est en cet écrit que l'on peut retrouver les marques de l'influence exercée sur Roberval par Bernardino Baldi ; nous avons relevé ailleurs (2) quelques-unes de ces mar-

(1) Pascal, *Nouvelles expériences touchant le vide* ; au lecteur (*Œuvres complètes* de Blaise Pascal, Ed. Hachette, 1880 ; p. 1).

(2) Cf. P. Duhem, *Bernardino Baldi, Roberval et Descartes* (BULLETIN ITALIEN, t. VI, janvier 1906).

ques ; citons seulement ici la discussion touchant la stabilité et la sensibilité de la balance ; non seulement Roberval y reproduit fort exactement ce que Baldi avait dit à ce sujet (1), mais encore il transforme en une erreur formelle un passage douteux écrit par l'abbé de Guastalla ; parlant des balances où le centre de gravité du fléau se trouve au-dessous de l'axe de rotation, Roberval s'exprime en ces termes (2) : « La troisiesme sorte est sujette à tromper, quand le centre de pesanteur est au dessoubs de celuy du mouvement. »

Ce n'est pas en ce traité élémentaire qu'il nous faut chercher aucune vérité nouvelle de Statique ; Roberval se borne à formuler avec clarté et simplicité les lois qui étaient déjà connues par les travaux de ses prédécesseurs ou par les siens ; c'est ainsi que les propriétés du plan incliné sont exposées avec grand soin. Contentons-nous de citer ce passage (3), relatif à l'égalité du travail moteur et du travail résistant dans les machines ; il ne diffère guère de ce que nous avons lu au *De subtilitate* de Cardan ou en *La Raison des forces mouvantes* de Salomon de Caus :

« Enfin il faut remarquer, ce qui est vray non seulement au levier, mais aussy en tous les autres instruments, touchant le mouvement et le chemin que font les poids et la puissance qui les meut par le moyen de l'instrument, sçavoir que s'ils agissent par des bras égaux ou par des distances égales, ils font des chemins égaux ; s'ils agissent par des distances inégales, celuy qui agit par la plus grande fait le plus de chemin, à proportion que sa distance est plus grande, et partant, il s'ensuit que le moindre des deux, soit la puissance ou le poid, estant celuy qui, en récompense, doit avoir le plus grand bras ou la plus grande distance, sera aussy celuy qui aura le plus de chemin. Il

(1) V. ci-dessus, Chapitre XV, 2e Période.
(2) Bibliothèque Nationale (fonds latin), Ms. 7226, fol. 89, recto.
(3) Bibliothèque Nationale, (fonds latin), Ms. 7226, fol. 99, verso.

s'ensuit encore que, à proportion, il faudra plus de temps à celuy qui agira par le plus grand bras pour faire cheminer l'autre, ou au contraire. Par exemple, posant une petite puissance, laquelle doit mouvoir un grand poid, il faudra que cette petite puissance ayt, à proportion, un plus grand bras, et partant qu'elle fasse beaucoup de chemin, et ainsy qu'elle employe beaucoup de temps, pendant que le poid fera beaucoup moins de chemin; sçavoir que si le bras de la puissance est 10 fois aussy grand [que celuy du poid] (1), il faudra que pour faire cheminer un pied, elle chemine dix pieds ; par ce moyen, le poid se meut fort lentement, et faut beaucoup de temps pour faire cheminer assez peu.

» Ce que nous venons de dire est pour donner advertissement qu'il ne faut point espérer d'espargner ensemble du temps et de la puissance, ny faire un grand effect avec peu de force, sinon en beaucoup de temps; et en quoy se trompent ordinairement les ignorants qui sont cause de se faire mocquer d'eux, et de la science aussy, sur laquelle les autres ignorants en rejettent souvent la faulte mal à propos. »

Roberval a donc consacré une très grande part de son activité scientifique à composer un vaste et rigoureux traité de Mécanique à l'usage des géomètres, à rédiger un exposé élémentaire de cette même science pour la commodité des artisans. Mais, selon son étrange coutume, il n'a point fait imprimer ces deux ouvrages ; le premier est aujourd'hui perdu, le second est encore inédit. Aussi ces *Traités de Mécanique*, demeurés inconnus, ne pouvaient-ils satisfaire au besoin de plus en plus pressant qui poussait aussi bien les géomètres que les artisans à désirer une Statique complète et coordonnée.

(1) A la place de ces mots, le texte, par erreur évidente du copiste, dit : qu'elle.

3. *John Wallis (1616-1703)*

Les géomètres, sinon les artisans, virent bientôt leur désir comblé par la publication du traité (1) monumental qu'avait composé John Wallis.

En effet, les trois volumes consacrés par le grand géomètre anglais à la Statique, à la Dynamique, à l'Hydrostatique, sont un véritable monument élevé à la Mécanique, le plus ample, le plus systématique qui ait été composé depuis l'œuvre de Stevin.

La Statique de Wallis n'est point, d'ailleurs, sans analogie avec la Statique de Stevin. On y trouve le même souci, parfois exagéré, de rigueur géométrique, le même désir de ne laisser passer aucune supposition, si claire soit-elle, aucun corollaire, si évident qu'on l'imagine, sans qu'un énoncé formel et précis les signale. On éprouve aussi, il faut bien l'avouer, à la lecture de ces deux ouvrages, la même fatigue causée par l'usage excessif d'un appareil logique si compliqué.

Sur quelle hypothèse doit-on faire reposer toute la Statique ?

En toute machine, deux *puissances (potentiæ)* s'opposent l'une à l'autre et doivent se contrebalancer exactement pour que l'équilibre s'établisse ; l'une est la *force motrice (vis motrix)*, l'autre la *résistante (resistentia)* ; comment évaluera-t-on ce dont chacune d'elles est capable, soit pour déterminer le mouvement de la machine, soit pour l'empêcher ?

(1) Johannis Wallis *Mechanica, sive de Motu. Tractatus geometricus.* Pars prima, in qua De motu generalia, De gravium descensu et motuum declivitate, De libra. Londini, MDCLXIX. — Pars secunda, quæ est de centro gravitatis ejusque calculo. Londini, MDCLXX.— Pars tertia, in qua De vecte, ..., De cuneo, De elatere et resilitione seu reflexione, De hydrostaticis et aëris æquipondio, variisque quæstionibus mechanicis. Londini, MDCLXXI. — Réimprimé dans : Johannis Wallis *Opera mathematica.* Volumen primum. Oxoniæ, e Theatro Sheldoniano, MDCXCV.

Deux solutions sont en présence.

L'une est celle que Galilée a tirée de l'ancienne Dynamique péripatéticienne : Pour connaître ce dont est capable un poids, qu'il soit moteur ou résistant, on calculera son *momento*, c'est-à-dire qu'on multipliera ce poids par la *vitesse* du mouvement de son point d'application ou mieux par la projection de cette vitesse sur la verticale.

L'autre est celle qui a pris naissance au sein de l'École de Jordanus, qu'Herigone et Roberval ont adoptée, que Descartes a formulée avec netteté et défendue avec âpreté : Pour déterminer ce dont un poids est capable, on multipliera ce poids par le *chemin* que décrit son point d'application ou, pour parler plus exactement, par la projection de ce chemin sur la verticale.

Entre les deux solutions, Wallis hésite (1) et, au lieu de résoudre son hésitation en une décision nette, en un choix non équivoque, il adopte une étrange demi-mesure, une véritable cote mal taillée.

Ce que peut la force motrice aura pour mesure le *momentum* de cette force ; la capacité de la résistance sera marquée par son *impedimentum*. Or, tandis que le *momentum* sera le produit de la force motrice par la vitesse du point d'application, l'*impedimentum* s'obtiendra en multipliant la résistance par le chemin que parcourt le point où elle s'applique :

« *Momentum* appello, id quod motui efficiendo conducit.

» *Impedimentum*, id quod motui obstat, vel eum impedit.

» *Momentum* eadem ratione a verbo *moveo* descendit, atque *Impedimentum* ab *impedio*...

» Ad *momentum* refero *vim motricem* et *celeritatem* (2). Quæ, quo majora sunt, eo magis efficitur motus.

(1) Johannis Wallis *Mechanica*. Pars prima. Cap. I : De motu generalia.

(2) Par un lapsus évident, Wallis dit ici : *tempus*, au lieu de : *celeritatem*.

» Ad *impedimentum* refero *resistentiam* et *distantiam*. Quæ, quo majora sunt, eo magis motus impeditur. »

Il n'est point permis de dire que l'équilibre est produit par l'égalité entre le *momentum* et l'*impedimentum* ; ce sont grandeurs d'espèces différentes, entre lesquelles il ne peut y avoir égalité ; un *momentum* qui équilibre exactement un *impedimentum* ne lui est point égal ; selon l'expression adoptée par Wallis, il lui est *équipollent*.

Cette cote mal taillée entre la doctrine Galiléenne et la doctrine Cartésienne ne peut que compliquer inutilement les propositions de la Statique ; elle rend infiniment gauche et pénible le premier Chapitre de la Mécanique de Wallis. Ce grand géomètre l'a sans doute reconnu, car il n'a pu garder cette étrange demi-mesure et, à partir du second Chapitre (1), il est devenu résolument Cartésien.

Un grave, dit-il, tant qu'il n'en est point empêché, tend à descendre ; il ne descend qu'autant qu'il s'approche du centre de la Terre ; il ne monte qu'autant qu'il s'en éloigne. Sa propension à un mouvement déterminé est mesurée par la *grandeur de sa descente* en ce mouvement ; sa répugnance à un certain déplacement par la *grandeur de son ascension* en ce déplacement. La *grandeur de la descente* d'un poids est le produit de ce poids par la hauteur dont il s'est abaissé ; la *grandeur de l'ascension* est, de même, le produit du poids par la hauteur dont il s'est élevé.

Lorsqu'on a affaire à un système de plusieurs graves, on peut former, d'une part, la somme de toutes les descentes et, d'autre part, la somme de toutes les ascensions ; si la première somme excède la seconde, l'excès représente la grandeur de la descente totale ; si la seconde somme surpasse la première, l'excès représente la grandeur de l'ascension totale ; entre ces deux cas, se place celui où la somme des descentes est précisément égale à la somme des ascensions.

(1) Johannis Wallis *Mechanica*, Pars prima, Cap. II. De gravium descensu et motuum declivitate.

Dans le premier cas, le système tend à se mouvoir dans le sens qui a été supposé réalisé lorsqu'on a calculé les descentes et les ascensions partielles ; dans le second cas, il tend à prendre le mouvement contraire ; dans le troisième cas, il ne tend à se mouvoir ni dans un sens, ni dans l'autre ; il demeure en équilibre.

Tels sont les principes que formule Wallis, donnant une forme très générale à l'axiome Cartésien.

Cet axiome, le grand géomètre anglais va le généraliser encore davantage.

Descartes avait presque continuellement supposé que les forces en balance fussent des poids, et il avait borné à ce cas l'énoncé de son principe de Statique. Nous avons fait remarquer, au Chapitre XIV, combien il était aisé de l'étendre à tel point qu'il pût s'appliquer à toute espèce de forces. Bien que la possibilité de cette extension n'ait pu échapper à la clairvoyance du grand philosophe, celui-ci avait négligé d'en donner la formule. Cette généralisation, Wallis va la signaler et y insister.

Il remarque (1) d'abord, comme Descartes l'avait fait avant lui, que le principe fondamental de la Statique n'implique aucune hypothèse au sujet de la nature de la gravité ; que l'on y voie une qualité innée en tout corps pesant ; ou bien une attraction, analogue aux actions électriques et magnétiques, exercée par la Terre ; ou bien une pression qui pousse les graves vers le centre du globe, peu importe. Il suffit que l'on entende sous le nom de gravité la force qui se manifeste aux sens, la force qui meut les corps graves vers le bas, quelle qu'en soit la nature.

Mais si les lois de Statique qui concernent la gravité n'ont rien qui dépende de la nature particulière de cette force, elles doivent s'étendre, *mutatis mutandis*, à toute sorte de forces : « Ce que nous avons dit au sujet de la gravité et du centre de la Terre peut se répéter de n'im-

(1) Johannis Wallis *Mechanica*, Pars prima, Cap. I, Art. XII.

porte quelle force motrice et du terme vers lequel elle tend. »

« La descente d'un grave est mesurée (1) par la quantité dont il s'est approché du centre de la Terre ; son ascension, par la quantité dont il s'en est éloigné. Aussi, d'une manière entièrement générale, le progrès dû à une force motrice est mesuré par le mouvement effectué dans la direction de cette force, le recul par le mouvement en sens contraire. »

« Les valeurs (2) des descentes de divers graves sont entre elles dans le même rapport que les produits des poids par les hauteurs de chute ; les ascensions s'évaluent d'une manière semblable... D'une manière entièrement générale, les progrès ou les reculs effectués sous l'action de forces motrices quelconques s'évaluent en formant les produits des forces par les longueurs des progrès ou des reculs estimés selon la ligne de direction des forces. »

La règle est donc bien claire, qui permet de passer du cas de la pesanteur au cas d'une force quelconque ; il est maintenant facile à Wallis de poser les fondements d'une Statique entièrement générale ; il lui suffit, à la suite des énoncés (3) où il formule les hypothèses sur lesquelles repose la Statique des corps pesants, d'ajouter ces mots : « Idem intellige, mutatis mutandis, de quacumque vi motrice ».

Ainsi se trouve formulé le principe fondamental de cette Statique où le géomètre anglais montre une profonde pénétration des écrits de ses prédécesseurs, aussi bien de Torricelli (4) que de Jordanus (5), de Tartaglia et de Guido-Ubaldo.

(1) Johannis Wallis *Mechanica*, Pars prima, Cap. II, Prop. III.
(2) Id., *ibid.*, Pars prima, Cap. II, Prop. V.
(3) Id., *ibid.*, Propp. VI et VIII.
(4) Cf. : Id., *ibid.*, Cap. III, De libra, où se manifeste une évidente nfluence de Torricelli.
(5) Cf. : Id., *ibid*, Cap. III ; en particulier, voir la Prop. XIV et les deux scholies.

Pour tirer ce principe de celui qu'avait formulé Descartes, quelle besogne Wallis a-t-il dû accomplir ? Presque aucune. Il lui a suffi d'expliciter certaines affirmations qui demeuraient implicites dans l'essai du grand philosophe, de produire certaines généralisations dont la nécessité était évidente de prime abord.

D'autre part, lorsque Jean Bernoulli voudra énoncer le principe des déplacements virtuels, quelle transformation devra-t-il faire subir au postulat de Wallis ? Presque aucune. Ce que Wallis considère lorsqu'il veut évaluer la tendance d'une force à produire un mouvement déterminé, c'est ce que l'on a nommé depuis le *moment virtuel* ou le *travail virtuel* de cette force ; c'est par l'égalité entre la somme des moments virtuels positifs et la somme des moments virtuels négatifs qu'il caractérise l'équilibre.

Assurément, en ses énoncés, Wallis considère des déplacements virtuels finis, qu'il suppose rectilignes ; il suppose que les forces sont constantes en grandeur et en direction. Mais déjà, il entrevoit les procédés infinitésimaux qui permettront de se débarrasser de ces entraves ; il reconnaît (1), comme Descartes l'avait déjà reconnu avant lui, qu'une trajectoire curviligne peut être remplacée par sa tangente, une surface courbe sur laquelle le poids s'appuie par son plan tangent ; il aperçoit (2) l'artifice analogue qui permettra de considérer des forces variables en grandeur et en direction.

Lorsque Jean Bernoulli voudra donner sa formule définitive au principe des déplacements virtuels, il lui suffira de réunir les énoncés épars dans le traité de Wallis et de les revêtir de la forme infinitésimale.

C'est donc par une simple nuance que le principe de Wallis se distingue de celui de Descartes ; c'est par une nuance moins perceptible encore que la formule de Jean Bernoulli se sépare de la formule de Wallis. Or, trente-

(1) Johannis Wallis *Mechanica*, Pars prima, Cap. II, Prop. XV.
(2) Id., *ibid.*, Prop. XVII. Scholium.

deux années se sont écoulées entre la lettre de Descartes à Constantin Huygens et la Statique de Wallis, tandis que quarante-huit ans séparent la publication de cette Statique de la lettre que Jean Bernoulli écrivit à Varignon. Tant est lent et pénible le progrès de la vérité en la science humaine !

4. *Les grands traités de Statique de l'École jésuite — Le P. De Challes (1621-1678) — Le P. Paolo Casati (1617-1707)*

Composé suivant les règles d'une logique trop savante et trop compliquée, borné d'ailleurs à l'étude des machines les plus simples, le traité de Wallis n'était point propre à satisfaire les désirs de la plupart des physiciens ou des artisans.

« Les traitez, écrivait (1) le P. Pardies en 1673, qu'on a publiez des loix du mouvement, de la résistance des corps, de la force des percussions, de l'équilibre des liqueurs, de la dureté, de la pesanteur, et beaucoup d'autres, sont asseûrement des ouvrages dignes de la subtilité de leurs auteurs, et de la politesse du siècle ; mais après tout, on ne peut pas dire que ce soit là une Méchanique. Ce sont de belles parties, mais elles ne sont pas un corps, puisque ce sont des productions de divers Auteurs, qui ont eû diverses veûës, qui n'ont point concerté ensemble, pour concourir à un même dessein, et qui même ont raisonné sur des principes differens.

» J'avais toûjours espéré que ce grand ouvrage de M. Wallis, que nous attendions depuis si longtemps, comprendrait tout ce qu'on peut souhaiter sur ce sujet ;

(1) *La Statique ou la science des forces mouvantes*, par le P. Ignace Gaston Pardies, de la Compagnie de Jésus. Paris, chez Sebast. Mabre-Cramoisy, Imprimeur du Roy, Ruë St Jacques, aux Cicognes, MDCLXXIII. Préface.

et je n'en doutois presque plus, quand je vis trois grands tomes in-4° sous le titre de *Méchanique* et de *Science du Mouvement*. Mais j'ay trouvé que cet Ouvrage excellent en soy et admirable, est plus propre à contenter ceux qui sont déjà consommez dans cette science, qu'à instruire ceux qui veulent l'apprendre ; car outre qu'il s'en faut bien qu'il ne comprenne tout, il est écrit d'une manière si sçavante et si géométrique qu'il y a fort peu de personnes capables de le comprendre. »

A l'époque où le P. Pardies écrivait ces lignes, le désir de posséder un traité de Mécanique à la fois aisé et complet, était si commun et si vif que Louis XIV et Colbert s'en émurent ; en 1675, ils entretinrent l'Académie des Sciences de ce désir et la pressèrent d'y donner satisfaction:

« Le Roi (1) voulut que l'Académie travaillât incessamment à un Traité de Méchanique, où la Théorie et la Pratique fussent expliquées d'une manière claire et à la portée de tous ; on devoit cependant séparer de la Théorie tout ce qui pouvoit appartenir de trop près à la Physique, tout ce qui pouvait faire naître de la dispute, on devoit la renfermer dans une espèce d'Introduction à tout l'Ouvrage. On décriroit ensuite dans l'Ouvrage même toutes les Machines en usage dans la Pratique des Arts, soit en France, soit dans les Pays Étrangers.

» Ce fut ce que M. Colbert fit sçavoir par M. Perrault à l'Académie, le 19 Juin de cette année. La Compagnie fit dans le cours de quelques Assemblées ses Réflexions sur ce sujet ; et M. Du Hamel fut chargé de rendre compte à M. Colbert du résultat des Ecrits de chacun. MM. Picard, Hughuens, Mariotte et Blondel travaillèrent de concert aux Préliminaires ; MM. de Roberval et Roëmer traittèrent aussi cette Matière en particulier ; on chargea M. Buot de dresser le Catalogue des Machines,

(1) HISTOIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES. Tome I : Depuis son établissement en 1666 jusqu'à 1686. Paris, MDCCXXXIII, p. 190.

et d'en faire faire les Desseins ; on lui donna pour aides M. Couplet, et MM. Pasquier et Du Vivier. »

L'ouvrage demandé à l'Académie ne vit jamais le jour, que je sache ; mais les traités de Mécanique rédigés par des particuliers se pressèrent, de plus en plus nombreux.

Ces traités, malheureusement, n'étaient point seulement fort nombreux ; ils étaient souvent fort médiocres. Parmi leurs auteurs, les uns, préoccupés de ne rien omettre, mais peu soucieux de l'unité, ramassaient pêle-mêle et sans choix tout ce qui avait été dit sur la Statique ; d'autres, au contraire, par une critique pointilleuse et malveillante, rejetaient même les vérités les plus sûres et les principes les plus féconds.

C'est un ouvrage (1) d'aspect imposant et antique que le *Cours ou Monde Mathématique* du P. Claude François Milliet Dechales ou De Challes. Les déductions et les discussions s'y poursuivent selon la méthode lente, sévère et rigoureuse de la Scolastique.

En ces discussions aux formes péripatéticiennes, on devine la continuelle influence de très vieux auteurs ; non seulement le *Synopsis* de Mersenne a été mis à contribution (2), mais à chaque instant, on retrouve des allusions au traité du Précurseur de Léonard de Vinci, au *Jordani Opusculum de ponderositate* édité par Curtius Trojanus ; ici (3), le savant Jésuite réfute l'opinion de cet auteur

(1) R. P. Claudii Francisci Milliet Dechales, Camberiensis, e Societate Jesu, *Cursus seu Mundus mathematicus*. Tomus secundus, complectens Geometriam practicam, Staticam, Geographiam, Tractat. de Magnete, Architectonicam civilem, Artem tignariam, et Tractat. de Lapidum sectione. — Editio altera, ex manuscriptis Authoris aucta et emendata, operâ et studio R. P. Amati Varcin, ejusdem Societatis. — Lugduni, apud Anissonios, Joan. Posuel et Claud. Rigaud. MDCLXXXX.

La première édition, en deux volumes, du *Cursus seu Mundus mathematicus* parut à Lyon en 1674 ; je n'ai pu la consulter.

(2) *Ibid.* Tractatus nonus : Statica, seu de Gravitate Terræ. Liber octavus : Proprietates centri gravitatis et lineæ directionis.

(3) *Ibid.* Tractatus octavus : Mechanica. Liber Primus : De vera causa et principio augmenti potentiæ per machinam.

touchant l'influence que le milieu exerce sur le mouvement des projectiles ; là (1), il lui emprunte la démonstration de la règle du levier ou certaines propositions (2) touchant la balance.

Il est vrai que le P. De Challes rajeunit parfois d'assez étrange façon les emprunts qu'il fait à d'anciens mécaniciens ; ce qu'il prend dans leurs œuvres, il l'attribue volontiers à quelques-uns de ses contemporains qui sont ses confrères ou ses amis.

Ainsi la démonstration de la loi du levier composée par Stevin et par Galilée, à l'imitation d'un raisonnement connu dès le XIIIe siècle, est donnée (3) par le P. De Challes comme étant du P. Léotaud (1595-1672), son confrère en la Société de Jésus. La réduction du problème du plan incliné au problème du levier, effectuée par Galilée dès ses premiers travaux, conservée par Roberval, reprise en sens inverse par Descartes, est (4) « de mon ami, M. Reynaud, homme fort versé aux mathématiques ».

Le Principe de Statique admis par le P. De Challes est exactement celui qu'Aristote postule en ses *Quæstiones mechanicæ ;* mais au cours de son exposé, ce principe se transforme peu à peu comme il s'est transformé dans les écrits de Galilée.

Pour évaluer l'effet mécanique d'un poids, il faut connaître sa *quantité de mouvement* ; « cette quantité de mouvement s'obtient (5) en multipliant le nombre des parties du poids par la vitesse ; et comme nous ne con-

(1) *Cursus seu Mundus mathematicus.* Tractatus nonus : Statica, seu de Gravitate Terræ. Liber tertius : De descensu gravium in planis inclinatis et funependulis : Definitiones — Liber quartus : De æquiponderantibus. Propositio IV.

(2) *Ibid.* Tractatus nonus : Statica, seu de Gravitate Terræ Liber quartus : De æquiponderantibus. Prop. XV.

(3) *Ibid.* Tractatus octavus : Mechanica. Liber primus : De vera causa et principio augmenti potentiæ per machinam, p. 168.

(4) *Ibid.* Tractatus nonus : Statica seu de Gravitate Terræ. Liber tertius : De descensu gravium in planis inclinatis et funependulis. Propositio VIII.

(5) *Ibid.* Tractatus octavus : Mechanica. Liber primus : De vera causa et principio augmenti potentiæ per machinam. Prop. XVII.

naissons ni ne mesurons la vitesse autrement que par l'espace parcouru dans un temps déterminé, pour connaître la quantité de mouvement, il nous faudra multiplier le nombre des parties du poids par l'espace parcouru... »

Si, en une machine, deux poids s'opposent l'un à l'autre « de telle manière qu'il se trouve en chacun d'eux même quantité de mouvement, il y a équilibre ».

« Deux mobiles sont donc égaux en force (1) lorsque leurs grandeurs sont en raison inverse de leurs vitesses. » En sorte qu'« aucune machine n'augmente les forces de la puissance (2) ». « Si les forces de la puissance peuvent s'appliquer à un plus grand poids (3), c'est que la quantité de mouvement est diminuée dans le poids ou augmentée dans la puissance. » Donc « autant les forces de la puissance (4) sont accrues par la machine, autant est accru le rapport du mouvement de la puissance au mouvement du poids. »

Le principe qui vient d'être énoncé ne tarde pas à être mis en défaut si on ne le modifie ; ce n'est point la vitesse même d'un poids qui doit figurer dans le calcul de la résistance de ce poids, mais seulement la composante verticale de cette vitesse ; les observations les plus obvies signalent la nécessité de cette correction ; celle-ci, par exemple, qu'une même puissance, normale à un même levier, soutient un moindre poids lorsque le levier est horizontal que lorsqu'il est oblique (5). Il semble (6) que notre auteur ait surtout puisé l'intelligence de cette correction que réclame l'axiome d'Aristote en étudiant la

(1) *Cursus seu Mundus mathematicus*, loc. cit., Prop. XIX.
(2) *Ibid.*, loc. cit., Prop. XVIII.
(3) *Ibid.*, loc. cit., Prop. XVII.
(4) *Ibid.*, loc. cit., Prop. XIV.
(5) *Ibid.* Tractatus octavus : Mechanica. Liber secundus : De vecte. Propositio X.
(6) *Ibid.* Tractatus nonus : Statica seu de Gravitate Terræ. Liber tertius : De descensu gravium in planis inclinatis et funependulis. Definitiones.

première déduction où il en ait été fait usage, la démonstration de la règle du levier donnée par Jordanus de Nemore. Cette démonstration est, d'ailleurs, adoptée par le P. De Challes en sa théorie de la balance (1).

Du reste, fidèle en cela à la Dynamique péripatéticienne, c'est toujours la vitesse d'ascension ou de descente d'un grave, et non la hauteur dont il monte ou descend, que le P. De Challes considère dans ses raisonnements ; aussi sa théorie du plan incliné est-elle celle de Galilée (2), et non point celle de Descartes.

Cette théorie débute par une curieuse proposition (3), difficile à concilier avec celles qui la suivent. Le P. De Challes cherche pourquoi une sphère roule d'autant moins vite sur un plan que ce plan est moins incliné ; il en trouve la raison dans le contrepoids formé par une partie de la sphère ; son raisonnement rappelle les déductions de Pappus et, plus encore, celles de Léonard de Vinci et de Bernardino Baldi.

La méthode par laquelle il traite (4) la composition des forces concourantes rappelle également de très près celle que Léonard avait un instant adoptée. De Challes suppose que deux cordes concourantes soutiennent un poids et il se propose de déterminer la tension de chacune d'elles. Dans ce but, il remplace celle des deux cordes dont il ne calcule pas la tension par une barre rigide mobile autour d'un de ses points ; la solution du problème est alors immédiate.

Comme Guido-Ubaldo, Villalpand et Mersenne, notre auteur admet (5) que « le centre de gravité d'aucun corps

(1) *Cursus seu Mundus mathematicus.* Tractatus nonus : Statica. Liber quartus : De æquiponderantibus. Propositio IV.

(2) *Ibid.* Liber tertius : De descensu gravium in planis inclinatis. Prop. II.

(3) *Ibid.*, loc. cit., Prop. I.

(4) *Ibid.*, loc. cit., Propp. X et XI.

(5) *Ibid.* Liber octavus : Proprietates centri gravitatis et lineæ directionis. Prop. I.

ne peut monter si ce n'est violemment ». Il fait l'application de ce principe aux exemples mêmes que Mersenne a cités, et qui sont de Léonard.

Ce principe, il le justifie par des raisonnements semblables à ceux de Villalpand, sans invoquer la sympathie du centre de gravité pour le centre commun des graves. Ce n'est pas que cette sympathie — si bien réfutée cependant, et depuis un demi-siècle — lui semble absurde ; témoin ce curieux passage (1) :

« *En tout corps grave, il existe un certain centre de gravité...* Le P. Léotaud s'est efforcé de prouver cette proposition, en partant de cette opinion commune, admise chez les Péripatéticiens : Le centre de l'Univers ou, si l'on veut, le centre de la Terre — peu importe — est le centre de tous les graves ; ils y sont tous portés par leur pesanteur et ils y demeurent en repos. Démonstration : Chaque grave se porte de tout son effort vers le centre de l'Univers de telle sorte que si l'on supprimait tout obstacle, il se dirigerait vers ce centre et y demeurerait. Mais il ne pourrait jamais demeurer en repos s'il n'existait à l'intérieur de ce corps un certain point ou centre de gravité, tel que le corps cesse de se mouvoir lorsque ce point coïncide avec le centre de l'Univers... Cette démonstration est bonne, mais nous verrons si l'on ne peut rien dire de plus convaincant. »

Le P. De Challes, en effet, n'est point sans éprouver quelques doutes à l'endroit des propriétés que les anciens attribuaient au centre de l'Univers ; il pense (2) que les graves, dans leur chute, pourraient bien chercher à s'unir non point au centre même de la Terre, mais à un noyau intérieur, qui serait lui-même dénué de pesanteur. Combien naïve et vieillotte paraît cette hypothèse, si l'on

(1) *Cursus seu Mundus mathematicus.* Tractatus nonus : Statica. Liber quartus : De æquiponderantibus. Petitio IV.

(2) *Ibid.* Liber primus : Digressiones physicæ. Digressio X.

songe qu'au moment où notre auteur l'émettait, Newton possédait déjà les fondements du système de la gravitation universelle !

Cette même impression de naïveté sénile se dégage de tout ce que le P. De Challes a écrit sur la Statique ; les découvertes quelque peu récentes, les idées quelque peu neuves semblent n'avoir pu trouver accès dans son système. Mais s'il ne rapporte presque rien qui ne sente son vieux temps, du moins conserve-t-il ce que les anciennes traditions avaient de précieux. Les puissantes pensées de Descartes et de Wallis sur la méthode des déplacements virtuels sont demeurées pour lui lettre morte ; du moins a-t-il gardé de cette méthode tout ce que Galilée en avait écrit. Un grave est en équilibre lorsque le centre de gravité est le plus bas possible ; il ne donne pas à ce principe la forme précise sous laquelle l'ont mis Torricelli et Pascal ; du moins le présente-t-il tel que l'ont exposé Cardan, Villalpand et Mersenne. Le respect extrême que notre auteur professe pour la tradition le rend peu accessible aux vérités nouvelles ; mais il en fait un conservateur jaloux des vérités anciennes.

S'il est, d'ailleurs, un lieu où l'on doive rencontrer le respect de la tradition, c'est assurément au sein d'un ordre religieux fortement constitué ; or le P. De Challes était Jésuite ; son ouvrage prend place en la longue série des écrits par lesquels la Compagnie de Jésus s'est efforcée, au XVIIe siècle, de donner à la Statique une organisation logique.

A l'origine de ces efforts se placent les traités du P. Zucchi et du P. Honoré Fabri ; ces traités, non moins que l'enseignement donné par leurs auteurs soit au Collège Romain, soit au Collège que la Compagnie de Jésus possédait à Lyon, ont exercé une influence marquée sur les exposés de la Statique qui furent, ultérieurement, composés par des Jésuites.

Le P. Zucchi et le P. Fabri ont pris pour principe

fondamental de la Statique le principe des vitesses virtuelles sous la forme que lui avait donnée Galilée; cette forme offrait en effet, à leurs yeux, un singulier avantage; elle permettait de souder les lois découvertes par les staticiens modernes aux principes de la Mécanique péripatéticienne ; et l'on sait combien les Jésuites du XVIe et du XVIIe siècle ont attaché de prix à cette œuvre synthétique où la Physique d'Aristote, soigneusement maintenue en tous ses principes essentiels, se trouvait enrichie de toutes les acquisitions de la Science nouvelle.

Ce désir d'être à la fois péripatéticien fidèle et mécanicien très informé de la science de son temps animait assurément le P. De Challes ; il l'avait conduit à fonder sa Statique sur le principe que le P. Zucchi et le P. Honoré Fabri avaient adopté. Ce même désir anime le P. Paolo Casati ; il lui fait adopter le même parti.

Le P. Paolo Casati, de Plaisance (1617-1707), avait débuté dans la Mécanique, en 1655, par un curieux ouvrage intitulé : *Terra machinis mota* (1) ; une seconde édition, plus complète, de cet ouvrage parut en 1658 (2).

En cet écrit, trois interlocuteurs, auxquels le P. Casati a donné les noms de Galilée, de Mersenne et de Guldin, commentent le mot célèbre d'Archimède : « Donnez-moi un point d'appui et j'ébranlerai le Monde ». Ils s'efforcent de prouver que cette parole n'est point seulement une vaine jactance.

Stevin avait déjà émis une opinion analogue; l'influence de Stevin est d'ailleurs visible dans le curieux dialogue

(1) *Terra machinis mota ejusque gravitas et dimensio. Dissertationes duæ quas... publice exposuit... Antonius Comes de Montfort.* Authore Paulo Casato e Societate Jesu. Romæ, typis hæredum Corbeletti, MDCLV.

(2) *Terra machinis mota. Dissertationes geometricæ, mechanicæ, physicæ, hydrostaticæ, in quibus machinarum conjugatarum vires inter se comparantur ; multiplici nova methodo Terræ magnitudo et gravitas investigatur ; Archimedes Terræ motionem spondens ab arrogantiæ suspicione vindicatur.* Authore Paulo Casato, e Societate Jesu. Romæ, ex typographia Ignatii de Lazaris, MDCLVIII.

composé par le P. Casati ; le guindeau y est nommé *pancratium* ; c'est précisément le nom proposé par Stevin, au passage même où il discute la proposition attribuée à Archimède.

Il est une autre influence dont nous pourrions, si nous en avions le loisir, relever les traces en divers passages du *Terra machinis mota* ; cette influence est celle de Léonard de Vinci. Assurément, l'enseignement de la Mécanique que les Jésuites donnaient dans leurs Collèges contenait de nombreux emprunts aux notes du grand peintre ; l'étude du *Cursus mathematicus* du P. De Challes nous a déjà révélé quelques-uns de ces emprunts ; nous pourrions, au *Terra machinis mota*, en signaler d'autres qui ont trait à certaines théories hydrostatiques ; d'autres encore s'offriront plus tard à nos remarques.

Les dialogues intitulés *Terra machinis mota* n'importent guère à la coordination des principes de la Statique ; c'est en un autre livre que le P. Casati a travaillé à cette coordination. Ce nouveau livre ne fut imprimé qu'en 1684 (1) ; mais en son avis *ad lectorem*, l'auteur nous apprend que dès l'année 1655, il en avait remis un résumé manuscrit à ses auditeurs du Collège Romain. L'écrit du P. Casati serait donc plus ancien que celui du P. De Challes ; entre ces deux écrits, on peut, d'ailleurs, établir de nombreux rapprochements ; non seulement ils procèdent du même esprit, mais, bien souvent, ils usent des mêmes démonstrations.

Le premier livre (2), consacré au centre de gravité, est en très grande partie emprunté à Bernardino Baldi, à Villalpand et à Mersenne, c'est-à-dire, en dernière analyse, à Léonard de Vinci. D'ailleurs, il semble parfois

(1) R. P. Pauli Casati Placentini, Societ. Jesu, *Mechanicorum libri octo, in quibus uno eodemque principio vectis vires physice explicantur et geometrice demonstrantur, atque machinarum omnis generis componendarum methodus proponitur*. Lugduni, apud Anissonios, Joan. Posuel et Claudium Rigaud, MDCLXXXIV.

(2) Id., *ibid.* Liber primus : De centro gravitatis.

que le P. Casati éprouve, en ses *Mecanicorum libri*, comme en ses précédents ouvrages, l'influence directe de Léonard ; une certaine suspension à galets (1), qui permet de sonner sans peine une lourde cloche, paraît presque textuellement extraite des notes du grand peintre (2). L'étude de la station des animaux, reproduite d'après ceux qui se sont inspirés de Léonard (3), donne occasion à l'auteur de formuler la loi du *polygone de sustentation* ; il semble même que le P. Casati soit le premier mécanicien qui ait fait usage de cette dénomination.

C'est en ce même livre que l'auteur traite (4) de la pesanteur apparente d'un grave placé sur un plan incliné ; pour déterminer cette pesanteur apparente, il raisonne à peu près exactement comme le P. Honoré Fabri ; « la pesanteur du corps sur le plan incliné est à sa pesanteur le long du plan vertical comme la résistance qu'il éprouve à monter suivant un de ces plans est à la résistance qu'il éprouve à monter suivant l'autre ; mais ces résistances sont entre elles comme les violences que le corps subit en ces mouvements », et ces violences sont en raison inverse des chemins que le corps doit parcourir en ces deux plans pour s'élever d'une même hauteur.

Casati distingue, d'ailleurs, entre la pesanteur apparente du corps placé sur un plan incliné *(gravitatio in plano inclinato)* et la pression qu'il exerce sur ce plan *(gravitatio in planum inclinatum)* ; l'analyse de Stevin lui eût permis de déterminer exactement cette dernière force ; mais il ne fait point appel à cette analyse ; renouvelant une erreur de Descartes, il formule (5) la proposition

(1) P. Casati, *Mecanicorum libri octo* ; lib. II, Cap. I, p. 130.

(2) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, Ms. I de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57 [9], verso.

(3) P. Casati, *Mecanicorum libri octo* ; liber primus : De centro gravitatis ; Cap. XI : Quomodo animalium motus ordinentur ex centro gravitatis.

(4) Id., *ibid.* ; Cap. XIII : Quâ ratione minuatur gravitatio in plano inclinato.

(5) Id., *ibid.* ; Cap. XIV : Quâ ratione corpus gravitet in planum inclinatum ; p. 88.

suivante : « Nous connaissons, par le Chapitre précédent, la puissance de la pesanteur du corps placé sur le plan incliné ; la différence entre la pesanteur du corps suivant le plan vertical et cette pesanteur du même corps placé sur le plan incliné est la mesure de l'obstacle apporté au mouvement du corps par le plan sous-jacent ; c'est donc aussi la mesure de la pression que le corps exerce sur ce plan. »

Au problème du plan incliné se ramène (1) la détermination du moment d'un poids fixé à une extrémité d'un bras de levier dont l'autre extrémité peut tourner autour du point d'appui ; ce moment est égal à la pesanteur apparente qu'aurait le même poids posé sur un plan normal au bras de levier ; l'artifice qui permet de passer d'un problème à l'autre est celui-là même qu'avait employé Descartes, celui dont Galilée et Roberval avaient usé en sens inverse.

Ce problème résolu, Casati passe (2) à la détermination des tensions de deux cordes qui portent un poids ; il l'obtient en suivant exactement la même marche que De Challes.

Les solutions des diverses questions de Statique qui ont été examinées au livre Ier ont été tirées de postulats relatifs aux propriétés du centre de gravité ; ces postulats n'ont pas été ramenés aux lois générales du mouvement ; en son second livre (3), Casati se propose de déduire des principes de la Dynamique la théorie des diverses machines.

Les principes de Dynamique qu'expose notre auteur ont la plus grande affinité avec ceux qu'a formulés le P. Fabri ; ils reposent (4) en entier sur la considération

(1) P. Casati, *Mecanicarum libri octo*; liber primus : De centro gravitatis ; Cap. XV : Inquiruntur rationes gravitationis corporum suspensorum ; p. 95.

(2) Id., *ibid.*, p. 100.

(3) Id., *ibid.*; liber secundus : De causis motus machinalis.

(4) Id., *ibid.*; Cap. II : Impetûs motum proxime efficientis natura explicatur; p. 142.

d'un *impetus* proportionnel au produit du poids du corps mis en mouvement par la vitesse de ce mouvement.

Cette notion joue un rôle essentiel dans l'énoncé du principe sur lequel repose toute machine ; cet énoncé, Casati l'emprunte (1) encore presque textuellement à Fabri :

« Tout l'artifice de la Mécanique consiste donc à distribuer ses instruments de telle manière et à placer la puissance et la charge en de tels points que la puissance se meuve plus vite que la charge ; si l'on tient compte du rapport de leurs mouvements, on saura déterminer la puissance qui est capable de mouvoir une charge donnée ou la charge que peut lever une puissance donnée ; il faut, en effet, pour que ce mouvement soit possible, que le rapport de la puissance au poids de la charge surpasse le rapport du mouvement de la charge au mouvement de la puissance. La machine n'augmente pas les forces de la puissance, elle ne diminue pas le poids de la charge ; elle accommode simplement la résistance du poids à la vertu de la puissance.

» Cette loi a une cause physique. L'*impetus* produit par la puissance aurait, pour mouvoir un fardeau égal à la puissance, avec la même vitesse que la puissance, une intensité trop grande ; il a une intensité moindre lorsqu'il s'agit de mouvoir plus lentement un fardeau plus grand ; mais cette intensité suffit, en raison de la résistance plus faible...

» On voit donc qu'une sorte de justice règne sans cesse entre les forces de la puissance, la pesanteur de la charge, les espaces parcourus par les mouvements et les durées de ces mouvements ; là où les forces de la puissance diminuent, où la pesanteur de la charge augmente, les espaces parcourus par la charge deviennent plus courts et les durées de ces parcours plus longues ; en revanche, les

(1) P. Casati, *Mecanicorum libri octo* ; liber secundus : De causis motus machinalis ; Cap. V : In quo machinarum vires sitæ sint ; pp. 171-172.

espaces parcourus par la puissance deviennent plus longs, car cette puissance plus faible doit se mouvoir plus rapidement que la charge. Si donc on veut soulever un fardeau plus lourd, on doit augmenter la puissance ou bien, si l'on veut garder une puissance invariable, on doit soit diminuer le mouvement de la charge, soit augmenter le mouvement de la puissance ; avec une petite puissance, on ne saurait mouvoir rapidement un grand poids. »

C'est la Statique d'Aristote, et non celle de Galilée, qu'exposent ces divers passages ; mais le P. Casati n'ignore pas la modification que l'étude du plan incliné a contraint le géomètre de Pise d'apporter au principe péripatéticien ; nous l'avons vu reproduire une solution exacte de ce problème du plan incliné ; aussi, en toutes circonstances, ce qu'il introduit dans ses calculs, ce n'est pas la vitesse même du poids mis en branle, mais la projection de cette vitesse sur la verticale.

Les mécaniciens de l'École Jésuite, le P. Zucchi et le P. Honoré Fabri, comme le P. De Challes et le P. Casati, ont assurément bien connu l'œuvre de Descartes ; néanmoins, ils n'ont pas adopté la méthode par laquelle ce grand philosophe voulait que la Statique fût traitée. Qu'ils se soient refusés à suivre cette méthode, on le comprend sans peine ; son objet propre, en effet, était de rompre tout lien entre la Statique enfin constituée et la loi essentielle de la Dynamique péripatéticienne ; l'intention formelle des géomètres Jésuites, au contraire, était de souder intimement la moderne Science de l'équilibre aux principes de la Mécanique d'Aristote ; comment ne se fussent-ils point ralliés à la méthode de Galilée qui, si directement, découlait des axiomes postulés aux *Physiques*, au *De Cœlo*, aux *Questions mécaniques* ? qui cependant, dans la pratique, donnait exactement les mêmes corollaires que la méthode Cartésienne, et par les mêmes calculs ?

S'ils ont donc méconnu la notion de *travail*, dont la

nature et l'importance avaient apparu de plus en plus clairement depuis Jordanus jusqu'à Descartes, du moins ont-ils conservé en sa plénitude le procédé des vitesses virtuelles, issu de la Physique d'Aristote et transformé par Galilée, sous l'influence des découvertes dues à l'École de Jordanus. L'École Jésuite de Mécanique sauvegardait donc une bonne part des idées fécondes qu'avait engendrées l'antique Science *De ponderibus*.

5. *La réaction contre les méthodes des vitesses virtuelles et des travaux virtuels : Jacques Rohault* (1620-1675) — *Le P. Pardies* (1636-1673) — *Les* TRAITEZ *du P. Lamy* — *Le* DE MOTU ANIMALIUM *de Borelli*

Ces vérités anciennes, nous allons les voir grossièrement méconnues, brutalement chassées du domaine de la Statique. Déjà, au XVIe siècle, nous avions vu Guido-Ubaldo, Benedetti et Stevin mener une violente réaction contre les idées fécondes que contenaient en germe les enseignements de l'École de Jordanus. Cette même réaction, nous la retrouvons à la fin du XVIIe siècle, aussi radicale en ses exclusions qu'au XVIe siècle, mais bien moins justifiée, car l'École de Jordanus s'appelle maintenant l'École de Descartes et de Wallis.

Dans cette exclusion de toute démonstration qui invoquât la méthode des déplacements virtuels, de toute comparaison entre le travail de la puissance et le travail de la résistance, nul ne fut plus absolu que Jacques Rohault ; il faudrait remonter à Benedetti pour trouver un auteur qui eût passé aussi exactement sous silence toute considération de cette nature.

Élève et ami de Cyrano de Bergerac, qu'il détacha du système de Gassendi pour l'amener à la Cosmologie cartésienne, Rohault avait trouvé dans les papiers de Cyrano

le plan (1) de divers chapitres d'un traité de Physique ; il composa et publia le traité complet (2) qui eut grande vogue, et demeura classique jusqu'au milieu du XVIIIe siècle.

De son vivant, Rohault ne publia rien qui eût rapport à la Statique ; mais il en traita dans ses cours ; et ses cours, d'une diction claire et élégante, accompagnés de démonstrations expérimentales habiles, étaient très fréquentés. « Les conférences publiques qu'il faisoit (3) une fois toutes les semaines, où se trouvoient des personnes de toutes sortes de qualitez et conditions, prélats, abbez, courtisans, docteurs, médecins, philosophes, géomètres, régens, escoliers, provinciaux, estrangers, artisans, en un mot des personnes de tout âge, de tout sexe, et de toute profession, et où il prononçoit presque autant d'oracles, qu'il faisoit de réponses aux difficultez qui lui estaient proposées par toutes sortes de personnes, l'avaient mis dans une si grande réputation, qu'il s'en est trouvé plusieurs, les uns par curiosité, pour se donner la satisfaction de l'entendre, les autres par jalousie, pour juger de sa doctrine et tâcher de la combattre, qui ont quitté leur païs, et entrepris de grands voyages. »

Par ces conférences, la méthode selon laquelle Rohault exposait la Statique fut bientôt connue ; et l'on en peut noter l'influence en des écrits qui parurent plusieurs années avant qu'elle ne fût elle-même imprimée.

Nous la possédons aujourd'hui dans les *Œuvres post-*

(1) Sous forme de deux fragments que l'on trouvera dans : Cyrano de Bergerac, *Histoire comique des états et empires de la lune et du soleil ou Voyage dans la lune*. Nouvelle édition par P. L. Jacob, Bibliophile. Paris, 1858. Ces deux fragments furent publiés pour la première fois, en 1662, dans les *Nouvelles œuvres* de Cyrano. Rohault était certainement l'auteur de cette publication et de la préface qui y fut mise.

(2) *Traité de Physique*, par Jacques Rohault. A Paris, chez la veuve de Charles Savreux, libraire juré, au pied de la Tour de Notre-Dame, à l'Enseigne des Trois Vertus. MDCLXXI.

(3) Préface mise par Clerselier aux *Œuvres posthumes* de son gendre Jacques Rohault.

humes de Rohault, que son beau-père Clerselier donna (1) en 1682.

Nous l'avons dit, on y chercherait en vain une allusion à la méthode des déplacements virtuels, qu'on la prît, d'ailleurs, sous la forme qui s'est modifiée d'Aristote à Galilée ou sous la forme qui s'est développée de Jordanus à Descartes et à Wallis. On n'y trouverait, non plus, aucune mention du principe du centre de gravité, si précisément formulé par Torricelli et par Pascal, ni du postulat de l'impossibilité du mouvement perpétuel, si habilement employé par Stevin. La loi du levier, établie par le procédé que Stevin et Galilée tenaient sans doute du Moyen Age, sinon de l'Antiquité, telle est la source unique dont découlent toutes les lois des « Méchaniques ». L'ordre de l'exposition, la sévérité et la clarté des déductions dissimulent mal l'aridité du fond, d'où l'on a arraché tout ce qui portait des semences fécondes.

Et cependant, l'auteur qui rejetait en un si complet oubli les pensées de Descartes touchant les « Méchaniques » était, en Physique, un fervent Cartésien. C'est lui qui écrivait, en la Préface de son *Traité de Physique* : « Celui qui a le plus contribué à la composition de cet Ouvrage, duquel cependant le nom ne se trouvera nulle part, parce qu'il l'eût fallu trop souvent répéter, est le célèbre M. Descartes, dont le mérite se faisant de plus en plus reconnoître chez plusieurs des principaux États, fera avouer à tout le monde, que la France est du moins aussi heureuse à produire et élever de grands hommes dans toutes sortes de professions, que l'a été l'ancienne Grèce. »

Il y a plus. En ce *Traité de Physique*, Jacques Rohault définissait (2) la notion de quantité de mouvement et

(1) *Œuvres posthumes* de M. Rohault. A Paris, chez Guillaume Desprez, rue St-Jacques, à S. Prosper, et aux Trois Vertus, au dessus des Mathurins. MDCLXXXII. — Traité des Méchaniques, pp. 479-594.

(2) Rohault, *Traité de physique*. Première partie, Chapitre X : Du mouvement et du repos.

montrait comment l'égalité des quantités de mouvement entraînait l'équilibre entre la puissance et la résistance, presque exactement dans les termes que De Challes allait adopter quelques années plus tard :

« Le mouvement a toûjours été reconnu comme une espèce de quantité, laquelle d'une part s'estime par la longueur de la ligne que le mobile parcourt... D'autre part, elle s'estime par le plus ou moins de matière qui se meut tout à la fois... Et de là il suit manifestement, qu'afin que deux corps inégaux ayent des quantités égales de mouvement, il faut que les lignes qu'ils parcourent soient entre elles en raison réciproque de leurs masses, comme si un corps est triple d'un autre, il faut que la ligne qu'il parcourt ne soit que le tiers de celle de l'autre.

» Quand deux corps appliquez aux extrémités d'une balance, ou d'un levier, sont entre eux en raison réciproque de leurs distances au point fixe, c'est une nécessité qu'en se mouvant ils décrivent des lignes qui soient entre elles en raison réciproque de leur masse.... Ainsi nous devons juger qu'ils seront dans un parfait équilibre. Ce qui doit servir de fondement à la Mécanique. »

Pourquoi Rohault, lorsqu'il écrivit son *Traité des Méchaniques*, prit-il un fondement tout autre, et n'accorda-t-il plus même une mention à celui-là ? Nous ne saurions le dire. Toujours est-il que son traité se trouva, par là, conforme à la mode du temps.

Les Cartésiens les plus fervents, comme Rohault, en étaient venus à passer sous silence le principe sur lequel Descartes voulait que fût fondée toute la Statique ; les adversaires du grand philosophe allaient plus loin ; ils combattaient ouvertement ce principe et les autres principes analogues.

Le P. Ignace Gaston Pardies, de la Compagnie de Jésus, était un ardent adversaire de Descartes. En son *Discours de la Connaissance des Bêtes* (1), publié à Paris,

(1) Ce discours, comme les autres écrits du P. Pardies dont nous aurons

chez Mabre-Cramoisy, en 1672, il combattait l'automatisme que le grand philosophe attribuait aux animaux ; en son *Discours du mouvement local*, donné par le même éditeur d'abord en 1670, puis en 1673, il niait les principes de la Dynamique cartésienne. Nous le voyons donc sans étonnement rejeter les fondements sur lesquels Descartes prétendait édifier la Statique.

La *Statique* (1) du P. Pardies est un livre fort peu original, bien qu'il semble avoir eu quelque vogue. Le début en est presque textuellement emprunté à Villalpand. La loi du levier, pompeusement annoncée par ces mots : « Voicy maintenant la plus importante proposition de la Statique », est établie par la démonstration qu'ont adoptée Stevin et Galilée, que Rohault et De Challes ont reproduite ; Pardies, d'ailleurs, s'exprime (2) à l'endroit de ce raisonnement comme s'il s'agissait d'une nouvelle invention : « Ceux qui ont connaissance de ce que disent sur ce sujet les interprètes ou les commentateurs d'Archimède pourront remarquer que, dans la démonstration que je viens de faire, on évite toutes les difficultez auxquelles est sujette la démonstration ordinaire. »

L'équilibre du levier coudé est traité (3) sous une forme qui rappelle les raisonnements de Benedetti ; d'ailleurs, au levier droit ou coudé se ramènent toutes les machines simples, telles que les poulies, le plan incliné, les assemblages de deux cordes qui soutiennent un poids ; les

à parler, est réimprimé dans les *Œuvres* du R. P. Ignace-Gaston Pardies, de la Compagnie de Jésus, contenant : 1. *Les élémens de Géométrie ;* 2. *Un discours du mouvement local* ; 3. *La Statique, ou la science des forces mouvantes* ; 4. *Deux machines propres à faire les quadrans ;* 5. *Un discours de la connaissence des bêtes.* Augmenté dans cette nouvelle édition d'une table pour l'intelligence des Élémens de Géométrie, selon Euclide. A Lyon, chez les Frères Bruyset, ruë Mercière, au Soleil. MDCCXXV.

(1) *La Statique ou la Science des forces mouvantes*, par le P. Ignace-Gaston Pardies, de la Compagnie de Jésus. Paris, chez Sebast. Marbre-Cramoisy, Imprimeur du Roy, ruë St Jacques, aux Cicognes. MDCLXXIII. Seconde édition, MDCLXXIV.

(2) Id., *ibid.*, p. 40.

(3) Id., *ibid.*, p. 42.

tensions de ces cordes sont déterminées (1) par l'artifice même qu'ont employé De Challes et Casati.

Incidemment, le P. Pardies écrit (2) : « Dans toutes ces forces mouvantes, on peut remarquer que le mouvement perpendiculaire que font les poids en même temps pour monter ou pour descendre est toujours réciproquement proportionnel aux mêmes poids ». A l'appui de cette proposition, il cite l'exemple du levier et reproduit la figure que De Challes avait presque exactement copiée dans le traité de Jordanus de Nemore.

Mais de cette proposition, le P. Pardies se garde bien de faire le fondement qui doit porter la Statique ; il veut que la Statique repose sur de tout autres principes et que cette proposition soit réduite au rôle de corollaire : « Aussi, dit-il (3), quelques-uns en ont fait un principe pour démontrer la raison de toutes les forces mouvantes; et il semble bien évident qu'il ne faut ny plus ny moins de force pour porter un poids de cent livres à un pied de haut que pour en porter un d'une livre à cent pieds de haut : de sorte qu'un poids d'une livre descendant de la hauteur de cent pieds contreballancera à un poids de cent livres dans la hauteur d'un pied. Ce principe a quelque chose qui ne satisfait pas si parfaitement l'esprit, qu'il suffise pour faire des démonstrations. Il est néanmoins très véritable, et après les démonstrations que je viens de faire touchant les Forces Mouvantes, on peut le mettre hardiment comme indubitable. »

Si le P. Pardies se refuse à suivre Descartes et à faire de la proposition de Jordanus le postulat essentiel de la Statique, il n'en a pas moins exactement saisi les liens de cette proposition avec l'impossibilité du mouvement perpétuel. Ce qu'il dit (4) pour montrer que « le mouvement

(1) Pardies, *loc. cit.*, pp. 110 et seqq.
(2) Id., *ibid.*, p. 99.
(3) Id., *ibid.*, p. 101.
(4) Id., *ibid.*, p. 102.

perpétuel par méchanique est impossible » n'est évidemment qu'un commentaire, d'ailleurs clair et exact, de ce que Cardan avait écrit dans le *De subtilitate* : « D'où l'on peut faire voir que ceux-là perdent leur temps, qui cherchent le moyen de faire le mouvement perpétuel par la Statique. Pour cela, il faudroit nécessairement que de certains corps descendissent, et que d'autres montassent, en sorte que les mêmes qui sont une fois montez, soient aussi ceux qui descendent après, pour perpétuer ainsi le mouvement, par une succession et une circulation continuelle. Mais il est manifeste que dans ces rencontres, tout ce qui descend, doit monter. Si ce qui doit monter est égal à ce qui doit descendre en même temps, il n'est pas possible que le mouvement se fasse de luy-même, puisqu'un poids égal ne peut pas de cette sorte en surmonter un autre égal. Si ce qui descend est plus grand que ce qui monte en même temps, il faut nécessairement que la vîtesse de ce qui descend soit à proportion plus petite, en sorte que comme le poids qui descend est à celuy qui monte, ainsi soit la vîtesse de celuy qui monte à la vîtesse de celuy qui descend ; autrement, la succession ne pourroit pas être perpétuelle, et il monteroit plus de corps qu'il n'en descendroit, ou au contraire, il en descendroit plus qu'il n'en monteroit ; et ainsi la machine seroit bientost épuisée. Que si la vîtesse de ce qui descend est à la vîtesse de ce qui monte en raison réciproque des poids des corps, il y aura équilibre et rien ne bougera. »

La Statique (1) du P. Lamy, prêtre de l'Oratoire, n'est

(1) *Traitez de Méchanique. de l'équilibre des solides et des liqueurs*, où l'on découvre les causes des effets de toutes les machines dont on mesure les forces d'une manière particulière ; on y en propose aussi quelques nouvelles. Par le P. Lamy, prestre de l'Oratoire. A Paris, chez André Pralard, ruë Saint Jacques, à l'Occasion. MDCLXXIX. — *Traitez de Méchanique, de l'équilibre des solides et des liqueurs*. Nouvelle édition. Où l'on ajoûte une nouvelle manière de démontrer les principaux théorèmes de cette science. Par le P. Lamy, prêtre de l'Oratoire. A Paris, chez André Pralard, ruë S. Jacques, à l'Occasion. MDCLXXXVII. Cette seconde édition n'est en réalité que la première, dont on a changé le faux titre et à laquelle

guère originale ; comme celle du P. Pardies, et peut-être plus qu'elle, elle rappelle le *Traité* de De Challes ; comme elle, elle débute par les théorèmes de Villalpand ; comme elle, elle donne de la loi du levier la démonstration qu'ont adoptée Stevin et Archimède.

Mais le P. Lamy va encore plus loin que le P. Pardies dans la voie critique où celui-ci s'est engagé. Ni le postulat d'Aristote et de Galilée, ni le postulat de Descartes ne semblent au savant Oratorien propres à fonder une Statique ; ce sont des corollaires des lois de l'équilibre ; ce n'en sont point les raisons d'être.

« Ce qu'on gagne en force dans un levier, dit-il (1), on le perd en espace de temps et de lieu. » Cette remarque, il la justifie selon le très vieux procédé d'Aristote, en considérant la longueur même du chemin décrit par chacun des poids et non point la projection de ce chemin sur la verticale. Il ajoute (2) alors : « Il ne faut point chercher d'autre cause d'équilibre de deux corps de pesanteur différente qui sont suspendus à une verge que celle que nous avons proposée ; car il est manifeste, selon que nous l'avons prouvé, que cela arrive parce que la verge est poussée également des deux côtés de l'appuy ; cependant, plusieurs ont assighé une autre cause de cet équilibre, sçavoir cette loy de nature que nous venons de démontrer dans la Proposition précédente...

» Plusieurs raisons m'ont empêché d'embrasser ce sentiment. Premièrement en considérant deux corps en équilibre, je ne conçois pas comment un mouvement qu'ils n'ont point, et qu'ils ne peuvent avoir qu'en sortant de leur repos, peut être la cause de ce même repos...

» Il y a des machines dans lesquelles cette loy de nature

on a joint une addition dont il sera question en l'article suivant. — Une troisième édition porte le titre de la première, suivi de ces mots : Revus et corrigez par le R. P. Bernard Lamy, Prêtre de l'Oratoire. A Paris, chez Denys Mariette, rue Saint Jacques, à Saint Augustin. MDCCI.

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 74.

(2) Id., *ibid.*, p. 76.

que ce que l'on gagne en force, on le perd en temps, est gardée, et cependant nous démontrons géométriquement que la force de ces machines a une autre cause que cette loy ; ce n'est donc pas une bonne conséquence qu'elle soit la cause de la force du levier, de ce qu'elle se trouve dans ses effets...

» Il n'est pas nécessaire que je fasse remarquer (1) que cette loy par laquelle on perd en espace de lieu et de temps ce que l'on gagne en force, n'est pas la cause de la force des poulies, mais une suite de leur composition. Ce sont des leviers, comme nous avons veu... Aussi il ne faut point chercher d'autre cause de l'effet de ces machines. »

L'axiome si souvent invoqué depuis Aristote et Galilée ne mérite donc point, selon le P. Lamy, de garder ce rang logique élevé ; il doit descendre à l'humble rang de corollaire.

L'axiome de Jordanus et de Descartes n'est pas mieux accueilli (2) par notre auteur : « Monsieur Descartes propose le principe suivant, qu'il prétend être la cause de cet équilibre du levier. C'est la même chose, dit-il, de lever un fardeau pesant 100 livres à la hauteur de 10 pieds que d'en élever un de 10 livres à la hauteur de 100 pieds... Il y a ici, ce me semble, un paralogisme, car ce principe ne peut être vrai que lorsque l'on peut lever séparément les parties d'un fardeau. Par exemple, il ne faut pas plus de force pour porter 10 pierres séparément à un pied de hauteur, que pour porter une de ces pierres à 10 pieds de hauteur ; et si je puis porter une pierre à ces 10 pieds, je pourray assurément lever toutes ces pierres à la hauteur d'un pied ; mais comme il est évident, cela ne peut se faire si je ne les prens les unes après les autres : car quoique je puisse lever un fardeau d'une livre à la hauteur de 1000 pieds, je ne puis pas lever un poids de 1000 livres à la hauteur de la millième partie d'un pied. »

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 117.
(2) Id, *ibid.*, p. 79.

Contre l'axiome d'Aristote, le P. Lamy reprend les objections de Stevin, objections qui tombent d'elles-mêmes si l'on remarque que la méthode des vitesses virtuelles est un procédé de démonstration *per absurdum*. A l'axiome de Descartes, il adresse des critiques que Mersenne avait formulées avant lui ; la confusion entre la force et le travail, confusion engendrée par une terminologie défectueuse, en fait tout le fond.

L'axiome de Stevin, tiré de l'impossibilité du mouvement perpétuel, ne trouvera pas grâce, lui non plus, devant la sévère critique du pointilleux oratorien.

C'est au cours de la théorie du plan incliné qu'il trouve occasion d'attaquer cet axiome.

Ce qui préoccupe avant tout Lamy, en cette théorie du plan incliné, c'est de connaître la fraction de la pesanteur totale du corps que porte le plan ; car (1) « un corps pesant ne communique qu'une partie de sa pesanteur au plan sur lequel il est posé quand ce plan est incliné ». Cette partie est ce que nous nommons aujourd'hui la composante du poids suivant la normale au plan. L'excès *arithmétique* (2) du poids entier sur cette composante est, selon l'expression de Lamy, ce qui *porte en l'air ;* il semble bien que Lamy subisse ici une fâcheuse influence du P. Casati.

D'ailleurs, pour évaluer cette partie de la pesanteur que porte le plan incliné, Lamy use de bien étranges démonstrations, visiblement imitées de Léonard de Vinci et de Bernardino Baldi. Il suppose que le corps porté par le plan incliné ait la forme d'une sphère (fig. 107) et il déclare (3) que « le plan incliné ne porte pas toute la pesanteur de X, mais... qu'il porte seulement celle que ressentiroit celuy qui soûtiendroit le levier LG au point E ; ainsi le reste porte en l'air ».

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 121.
(2) Id., *ibid.*, p. 125.
(3) Id., *ibid.*, p. 121.

Ce raisonnement fournit à Lamy ce théorème faux (1) : « Un corps estant posé sur un plan incliné, la partie de la pesanteur de ce poids qui porte sur ce plan est à celle qui n'y porte pas comme la longueur du plan est à sa hauteur. »

Bien qu'usant toujours de raisonnements aussi étranges, Lamy est plus heureux en cette autre proposition (2) : « Lorsqu'on tire une sphère le long d'un plan par une ligne parallèle à ce plan, ce qui porte de cette sphère sur le plan est à ce qui ne porte pas comme l'inclination du plan est à sa hauteur. » Dans cet énoncé, *ce que le plan*

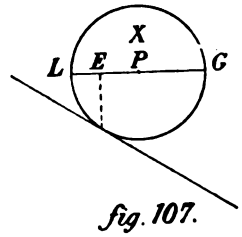


fig. 107.

ne porte pas signifie la composante du poids du corps parallèlement au plan incliné.

Ce théorème conduit notre auteur à cet autre (3) qui, lui aussi, est exact : « Deux corps pesans estant sur deux plans de mesme hauteur, si ce que porte l'un des deux plans est à ce que porte l'autre comme l'inclination de l'un à celle de l'autre, ces deux corps seront en équilibre. »

Entre cette proposition et la théorie du plan incliné telle que l'a formulée Stevin, il y a parfait accord ; mû peut-être par le besoin de critiquer le grand géomètre de Bruges, Lamy altère son propre théorème pour trouver un désaccord avec la doctrine classique du plan incliné : « L'on croit communément, dit-il (4), que lorsque les

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 122.
(2) Id., *ibid.*, p. 131.
(3) Id., *ibid.*, p. 135.
(4) Id., *ibid.*, p. 137.

poids entiers de deux corps pesans qui sont sur deux plans disposez comme on le voit dans la figure de la proposition précédente, sont l'un à l'autre, comme les plans sur lesquels ils sont, ils doivent estre en équilibre, cela n'est pas comme nous venons de le voir. Il ne faut pas que ce soient les poids entiers qui soient l'un à l'autre comme ces plans, mais la partie de ces poids qui portent sur ces plans.

» J'ay veu dans un Autheur cette démonstration prétenduë du sentiment que je rejette... » Après avoir

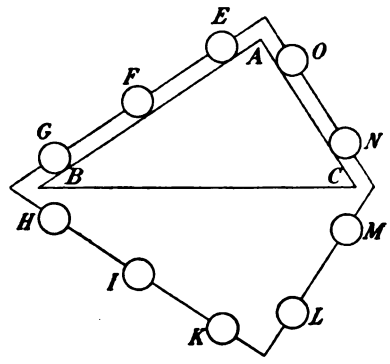


fig. 108.

rapporté la démonstration de Stevin, Lamy ajoute (1) : « Mais comme la démonstration suppose l'impossibilité du mouvement perpétuel, qui n'a point encore esté démonstrée, elle n'est pas bonne. Outre cela, il n'a pas remarqué que les sphères E, F, G (fig. 108) ne peuvent tomber, et faire monter les sphères O, N, à cause qu'elles pendent plus du côté du plan AC que du côté du plan AB... »

La critique n'est pas fondée ; le collier de perles dessine une chaînette parfaitement symétrique qui pend également du côté AB et du côté AC ; mais, il faut l'avouer, Stevin, si prodigue de précautions inutiles en ses longues

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 139.

démonstrations, aurait été sagement inspiré en l'affirmant explicitement et en appuyant son affirmation de quelques raisons.

La *Statique* du P. Pardies, le *Traité de Méchanique* du P. Lamy sont des œuvres fort médiocres ; ces deux écrits, comme ceux de Rohault et de De Challes, nous montrent en quel état de décadence se trouvait, au voisinage de l'an 1680, la Science de l'équilibre. La même impression se dégage encore d'un autre écrit (1), composé à la même époque, bien que cet écrit ait pour auteur l'illustre Borelli et que ses nombreuses éditions attestent la vogue dont il a joui.

L'étude des efforts faits par les muscles qui déterminent les mouvements des animaux exige que Borelli détermine les tensions des cordes qui arrêtent une résistance. Un chapitre entier (2) est consacré à ces lemmes sur la composition des forces ; les procédés par lesquels la démonstration de ces propositions est ramenée aux propriétés du levier n'ont rien de naturel ; ce sont d'ingénieux artifices dont l'emploi entraîne malaisément la conviction.

Les résultats obtenus sont naturellement ceux que l'on connaissait depuis Stevin. Borelli, cependant, juge bon de critiquer les démonstrations de Stevin et d'Herigone (3), qu'il nomme, ainsi que le raisonnement d'un certain « insignis Geometra neotericus » qu'il ne nomme pas, mais dont l'artifice est celui-là même qu'ont employé De Challes, Casati et Pardies. Il va plus loin ; il croit découvrir une

(1) Johannis Alphonsi Borelli, Neapolitani Matheseos professoris, *De motu animalium*. Pars Prima. Romæ, MDCLXXX. Pars secunda. Romæ, MDCLXXXI. — Editio altera. Lugduni in Batavis. MDCLXXXV. — En 1710, parut à Leyde une édition à laquelle était jointe une dissertation : *De motu musculorum*, due à Jean Bernoulli. Ainsi complétée, l'œuvre de Borelli fut réimprimée plusieurs fois, notamment à Naples en 1734. La dernière édition en fut donnée à La Haye en 1743.

(2) Id., *ibid.* Pars prima, Cap. XIII : Lemmata pro musculis quorum fibræ non sunt parallelæ et oblique trahunt.

(3) Id., *ibid.* Pars prima, Cap. XIII : Digressio (à la suite de la Propositio LXIX).

erreur dans les énoncés de Stevin et d'Herigone. Il admet avec eux que deux forces obliques et concourantes, exercées par deux cordes, tiendront un poids en équilibre si chacune des tensions est à ce poids comme le côté du parallélogramme des forces est à la diagonale de ce quadrilatère ; mais il prétend que la réciproque de ce théorème n'est point exacte. Varignon n'aura point de peine à lui prouver, et cela par ses propres lemmes, qu'il erre pleinement.

D'ailleurs, Borelli s'interdit toute allusion aux principes généraux de la Statique, aussi bien au principe des vitesses virtuelles, sans cesse repris d'Aristote à Galilée, qu'au principe des déplacements virtuels, constamment accru et précisé, de Jordanus à Descartes et à Wallis. Pour lui, comme pour Rohault, pour Pardies et pour Lamy, la loi du levier est « la plus importante proposition de la Statique » ; toutes les autres s'y ramènent. L'étroitesse d'esprit de ces auteurs va rejoindre celle de Guido Ubaldo.

Il est clair, en effet, que la plupart des géomètres n'ont, vers l'an 1680, qu'une fort médiocre connaissance de la Statique ; non seulement les principes larges et féconds auxquels cette science doit ses plus belles découvertes sont méconnus, relégués au rang de corollaires, passés sous silence, voire réputés faux, mais encore certains des théorèmes les plus certains sont contestés ou demeurent incompris ; de ce nombre est la loi de la composition des forces concourantes. Voici cependant que cette loi va cesser de paraître l'un des nombreux théorèmes de la Statique ; qu'elle va se donner comme la proposition fondamentale d'où découle toute cette science, comme le seul principe où le géomètre découvre avec pleine clarté et entière certitude la raison des équilibres les plus divers.

P. Duhem.

(La fin prochainement).

CONFLITS DE FAITS

ET

CONFLITS DE TENDANCES

Lettre à un jeune homme

... Cette fois, cher ami, je ne puis me défendre de vous chapitrer en forme. Quand vous m'écrivîtes votre dernière lettre, les oreilles devaient vous tinter encore de quelqu'une de ces sonneries d'alarme, dont nous assourdit généreusement le belliqueux altruisme des apôtres de l'émancipation scientifique. La crainte révérencieuse de l' « alme science » troublerait-elle la sérénité de votre foi ? Quelque chose vous chiffonne, c'est visible... Eh ! bien, parlons franc. Je comprends ce malaise intime, que vous osez à peine vous avouer ; et comment ne pas l'excuser chez vous, simple laïc, quand on peut le sentir, çà et là, étreignant jusqu'aux âmes sacerdotales ? Aux affirmations tranchantes d'incompatibilité entre la foi et la science, font écho, dans certains milieux catholiques, je ne sais quels chuchotements inquiets, quelles anxiétés mal définies : on dirait qu'une vague menace plane sur nos croyances... Oh ! sans doute, la foi reste entière dans le triomphe final de la vérité, mais elle se mêle d'une obsédante appréhension de surprises et de sursauts. Avec votre caractère et vos lectures, vous deviez subir ces influences ambiantes.

Vous êtes jeune ; vous aimez l'Église et vous aimez le progrès ; vous voulez être de votre temps, à la fois très chrétien et très moderne ; parce que vos convictions morales et religieuses vous sont chères, vous exigez d'elles une souplesse d'adaptation qui les mette en consonance constante avec tout ce qui a l'heur de conquérir vos admirations et vos respects.

Loin de moi de qualifier d'illusions ces aspirations généreuses : au besoin je les défendrais contre vous-même. Mais les meilleures tendances ont leur écueil. Quand elles pénètrent une âme avec l'acuité qu'elles ont atteinte dans la vôtre, elles constituent, selon les cas, des instruments incomparables d'activité chrétienne, ou bien des sources trop fécondes de trouble et de désenchantement. Sans doute, rien de mieux — et à l'heure actuelle, rien de plus désirable — qu'un esprit ouvert et largement accueillant, assez droit pour ne rien dissimuler de la vérité, assez bienveillant pour la deviner sous la gangue même de l'erreur ; rien de mieux que ce désir intense de voir l'Église catholique prendre la tête du mouvement moral, social, intellectuel, stimuler les initiatives et opérer des pénétrations hardies dans tous les domaines du progrès. Encore si la tendance, en soi, est louable, faudrait-il s'enquérir de la manière dont elle se concrète, du choix plus ou moins judicieux de ses points d'application. Le zèle le plus désintéressé, la plus admirable élévation de pensées, ne garantissent pas, dans l'ordre pratique, contre toute faute de repérage ou toute erreur de perspective.

C'est une de ces erreurs de perspective qui manifestement est cause de ce vague malaise qu'accusait votre dernière missive.

Comme tant de nos contemporains, vous avez le culte — un peu superstitieux — de la Science. Elle représente pour vous, que sais-je ? ce quelque chose de quasi transcendant, dont les manifestations protéiformes compénètrent toute notre civilisation moderne ; ce quelque chose

qui entre en nous par les yeux, par les oreilles, par tous les sens, qui s'incorpore pour ainsi parler à notre idéal d'hommes du xxe siècle ; que sais-je encore ? cette autorité sans appel, qui rend absolus, quels qu'en soient les considérants, tous les arrêts signés à son nom ; cette méthode impeccable, qui mérite et réclame crédit illimité de notre confiance...

Ne protestez pas : tout cela se trouve chez vous à l'état d'impressions.

Vous souvient-il de la visite que vous me fîtes, l'année dernière, au laboratoire ? Ces étagères de réactifs, ces instruments de mesure si précis, ces microscopes si pénétrants ; puis, dans les manipulations, cette technique en apparence si sûre d'elle-même, ces mille précautions contre les causes d'erreur ; et encore, dans les mémoires que vous feuilletiez, cette méthode fortement accusée et s'offrant pour ainsi dire au contrôle, cette allure calme et posée, cette marche dont chaque pas semble appuyé sur un fait, ce luxe de documents précis : mesures, statistiques, dessins à l'échelle, photogrammes, etc., cette bibliographie copieuse et exacte, bref ce souci constant et presque affecté d'objectivité..., tout cet ensemble de circonstances contribuait à créer, dans votre imagination de lettré, autour de ce concept abstrait de « Science », une atmosphère d'étonnement et d'admiration peut-être excessive. Certes, je vous eusse scandalisé si je vous avais montré alors la large part subjective, qui, dans les sciences biologiques du moins, se cache souvent sous des apparences de rigueur et de méthode ; si, prenant un de ces mémoires imposants, dont les conclusions vous paraissaient presque sacrées, je l'avais lu devant vous comme le lisent les hommes du métier, avec cette critique froide et impitoyable qui refait les raisonnements, soupèse les observations, contrôle chaque fait par d'autres faits, chaque auteur par d'autres auteurs, et accorde le moins possible de cette

confiance, que vous, cher ami, vous eussiez cru devoir prodiguer.

Et remarquez bien que, ce disant, je ne vise pas les généralisations théoriques ou les conclusions d'ordre plutôt philosophique ; je parle de ces conclusions qui se réclament directement de la méthode expérimentale : leur portée exacte est fonction des expériences ou des observations qui les ont établies ; or, pour saisir cette portée, une critique des recherches préalables s'impose toujours, critique souvent malaisée aux spécialistes mêmes. Saisissez-vous combien le grand public doit être bon juge dans l'appréciation de ces résultats scientifiques que la vulgarisation lui sert par brassées !

Mais laissons ce point de vue. Je n'ai pas le loisir d'y insister aujourd'hui. Je souhaiterais seulement que vous fissiez passer du domaine spéculatif dans celui de vos impressions pratiques cette proposition banale : toute conclusion d'un mémoire isolé, fût-il d'un maître de la science, est sujette à vérification et au besoin à revision plus complète.

Ne croyez pas que je veuille ainsi déprécier la science expérimentale. Grâce à un contrôle continuel et à des éliminations successives, la paille est tôt ou tard séparée du bon grain ; la vraie science progresse, et merveilleusement. Le mérite en revient pour une bonne part à ces travailleurs consciencieux, qui savent résister à l'entraînement des généralisations hâtives et garder la vue nette des exigences de la méthode. J'estime trop l'esprit de M. Brunetière pour croire qu'il ait constaté sans déplaisir l'étrange abus que plusieurs ont fait d'une expression qui a soulevé bien des colères : la vraie science ne peut « faire banqueroute » ; dans les limites de son objet, la science est chose éminemment respectable et bienfaisante. Sur ce point, nous sommes, je crois, pleinement d'accord.

Un conflit serait-il donc à redouter entre le dogme catholique et cette science expérimentale proprement

dite ? Une affirmation du magistère authentique de l'Église court-elle le risque de se trouver en désaccord avec un fait scientifique bien et dûment établi ?

Pareil conflit, pareil désaccord sont impossibles : Dieu auteur de la nature ne peut contredire Dieu garant du dogme ; vous en êtes convaincu autant que moi. D'où provient donc, en face du développement des sciences, la pusillanimité, l'attente inquiète, de ces chrétiens qu'on croirait sous le coup d'une menace permanente ?

Interrogez-vous vous-même, cher ami : cette crainte pusillanime d'un démenti expérimental à vos croyances ne provient pas de la perception personnelle d'un danger possible ; elle résulte uniquement de vos lectures. Vous connaissez trop bien cette littérature tendancieuse des Häckel, des Büchner, des Berthelot, des Verworn, des Le Dantec, des Séailles, des Buisson, *e tutti quanti*. A force d'entendre affirmer le conflit, vous vous surprenez à le redouter. Les rectifications opposées par les savants catholiques — elles ne manquent point, grâce à Dieu — n'atteignent pas l'éclat bruyant, la persévérance obstinée, importune, des sophismes hautains ou perfides de leurs adversaires. C'est pourquoi l'on est obligé de vous redire ce qui s'est dit excellemment plus de cent fois depuis des années.

Vous êtes-vous jamais sérieusement demandé si la science que ces messieurs veulent à tout prix ennemie du dogme est bien cette *vraie science expérimentale*, dont les progrès font l'honneur de notre génération? Permettez-moi de vous faire part d'une impression qu'a accentuée chez moi la pratique directe des sciences biologiques. Au début, je m'imaginais — comme vous — que tout ce bruit et toutes ces clameurs étaient l'indice, non pas certes d'une contradiction véritable, mais du moins d'une sérieuse difficulté de conciliation entre la foi et la science ; d'où une préoccupation bien naturelle de saisir les points précis où portait le litige. Or il advint que, plus j'avançai, plus la

difficulté se déroba. Tous les *conflits de faits* — je ne parle pas des conflits de tendances — s'évanouissent dès qu'on s'applique à en préciser les termes. La foi et la science ont si peu de points communs ! La Bible est le seul endroit, semble-t-il, où pourrait s'établir un contact, et, franchement, les latitudes traditionnelles d'interprétation suffisent, non seulement à résoudre les quelques chétives objections qui furent proposées, mais à supprimer la possibilité même de difficultés sérieuses. Si d'aventure vous possédiez un *fait* gênant, je vous serais bien obligé de me le signaler, car toutes mes battues dans le champ des sciences biologiques, les principales intéressées, au dire de beaucoup, sont restées totalement infructueuses.

Ne prendrions-nous pas trop au sérieux ou trop au tragique les déclarations d'adversaires qui souvent ignorent à la fois et le catéchisme et les bornes de leur compétence, double lacune fort grave en l'occurrence ?

Le profit serait mince de nous attarder sur ce terrain battu et rebattu des soi-disant *contradictions de faits* ; aussi bien, je ne sache pas qu'un savant sérieux ose encore, devant ses pairs, y asseoir sa controverse antireligieuse. Que n'observe-t-on le même scrupule et la même loyauté par devant le gros public ! Du reste, en général, la tactique des protagonistes du « progrès laïque » a évolué à son avantage ; elle est devenue plus fine et plus perfide. Ce qu'elle oppose au dogme, ce ne sont plus des faits purement expérimentaux, c'est cette réalité complexe qui s'appelle la « Science moderne », et qui englobe non seulement un bagage inerte de faits, mais une méthode, des tendances, un esprit, une philosophie des choses, une *Weltanschauung*. Oh ! ici, cher ami, les questions se compliquent, et je ne nierai plus qu'il ne puisse y avoir incompatibilité radicale entre un élément quelconque de cet amalgame et quelqu'une de nos croyances catholiques. Faut-il s'en alarmer ?

Une mise au point loyale des situations respectives me

semble éminemment propre à calmer vos inquiétudes et à ranimer votre élan.

Et tout d'abord, le dogme catholique apporte-t-il chez ses adhérents une entrave à la pleine compréhension et à l'application loyale de la *méthode scientifique ?*

Certes, s'il s'agissait de la méthode scientifique telle que vous la concevez, je répondrais catégoriquement : non. Mais jugez de mon embarras : un Häckel dans ses élucubrations monistes, un Le Dantec dans ses conceptions les plus originalement subjectives, se proclament les servants fidèles et scrupuleux de la « méthode scientifique ». Or croyez bien que cette « méthode » là, transportée des ouvrages de vulgarisation dans des mémoires spéciaux, ferait hausser les épaules. Le langage courant a donc créé des équivoques, qui peuvent égarer la bonne foi des non-initiés. Si « méthode scientifique » signifie « méthode expérimentale », c'est-à-dire détermination des faits généraux et des lois expérimentalement vérifiables, j'avoue ne pas saisir le moins du monde comment son intelligence et sa pratique pourraient se trouver gênées par les convictions religieuses de l'expérimentateur ; le plus catholique des savants admet comme tout le monde et sans aucune réticence, la valeur absolue de la méthode expérimentale dans le domaine des choses *expérimentables ;* qu'est-ce donc qui pourrait l'empêcher d'y pousser l'expérience loyalement et jusqu'au bout ? Rien d'injuste et... d'étrange, sous la plume de pamphlétaires anticléricaux, comme certaines insinuations, certaines prétéritions, et parfois certains étonnements affectés ou sincères. Il me semble que les œuvres de nos savants catholiques ne font pas si mauvaise figure dans la littérature scientifique, et proclament assez haut qu'un homme de science catholique n'est pas nécessairement une non-valeur...

J'abrège ces considérations, qui suffisent amplement à dégager le dogme de toute responsabilité dialectique vis-à-vis de la science ; mais, j'en suis sûr, un accord aussi

parcimonieux ne vous satisferait qu'à demi. La méthodologie scientifique ne tient pas tout entière dans la méthode strictement expérimentale : elle comprend en outre, de nos jours surtout, une part de procédés qui ressortissent moins à la logique formelle qu'à la psychologie. Ces exigences techniques — plus ou moins flottantes parce que subjectives pour une part — il serait regrettable de les négliger dans ce qu'elles ont d'utile et de légitime. Voyons donc quelle peut être en face de celles-ci l'attitude d'un catholique sincère.

Depuis l'époque de la Renaissance scientifique, plus d'un chapitre de la méthodologie générale des sciences s'est notablement complété et précisé. Ce progrès est tangible en ce qui concerne le rôle des hypothèses scientifiques. Nous n'en sommes plus à la sévérité puritaine de Newton, si intolérant pour les hypothèses actuellement invérifiables : sous l'influence de Mach, de Duhem, d'Ostwald, de H. Poincaré et d'autres, la notion de l'hypothèse *utile* s'est juxtaposée plus étroitement, ou même substituée, à la notion de l'hypothèse *objectivement probable*. Certaines hypothèses qu'eût rejetées Newton se trouvent maintenant pleinement justifiées par leurs avantages psychologiques et pratiques. Assez maladroit pourrait être le geste d'un apologiste qui écarterait sans plus d'examen telle ou telle manière de voir sous prétexte qu'elle n'est qu'hypothétique ; et pour ma part, je regretterais de découvrir chez mes coreligionnaires une attitude hostile à quelque théorie scientifique réellement féconde, ou, pour mieux dire, aux parties réellement fécondes de quelque théorie scientifique.

Assurément, une hypothèse scientifique qui se présenterait comme un pur moyen d'investigation ou de coordination, sans aucune prétention à représenter la réalité des choses, ne pourrait entrer en conflit logique ou psychologique avec le dogme ; mais un symbolisme aussi dégagé est moins facile à réaliser qu'à définir ; il peut

être à l'usage d'un petit nombre d'esprits affinés ; chez la plupart il subira des alliages et servira tôt ou tard non plus seulement à organiser l'*action* scientifique, mais à représenter avec plus ou moins de probabilité l'*absolu* scientifique. Le divorce complet entre l'hypothèse d'application et l'hypothèse d'explication, possible en droit, me paraît très rarement réalisé en fait, du moins dans les sciences naturelles. Croyez-vous que Weismann, par exemple, considère sa théorie du plasma germinal comme un pur schématisme symbolique ? Sans doute, il ne prétendra pas à l'objectivité, même probable, du menu détail de ce jeu compliqué d'ides, de déterminantes et de biophores, mais les grandes lignes à tout le moins de ce mécanisme lui paraissent une expression vraie de phénomènes naturels. Combien d'évolutionnistes, pensez-vous, voient dans l'hypothèse de la descendance un simple moyen de « faire de l'ordre » en anatomie comparée ? Que telle ou telle généalogie particulière ne soit guère qu'une vue provisoire et méthodique, on l'accordera sans peine, mais très peu s'abstiendront de considérer le transformisme comme une explication objective, plus ou moins probable, de la diversité des types organisés.

Il ne suffira donc pas de dire au savant catholique : « Groupez les faits sous telle hypothèse qui vous plaira : tant que vous ne portez pas de jugement sur l'objectivité de cette hypothèse, l'Église s'en désintéresse ». Pareille position, pour la plupart des hommes de science, serait psychologiquement intenable. Reste donc à nous enquérir si le dogme catholique peut gêner le savant dans l'adoption des *bonnes et solides hypothèses de travail*. Ma réponse sera brève et nette : à priori aussi bien qu'à posteriori, non.

Pour un catholique tel que vous, toute cette question s'éclaire du principe général de la véracité de Dieu, garant du dogme. Une hypothèse n'est utile et féconde que grâce à certains éléments et à certains rapports *vrais* dissimulés

sous un symbolisme peut-être inexact ; la vérité ne pouvant contredire la vérité, ce qu'il y a de réellement fécond dans une hypothèse ne peut être non plus en opposition avec le dogme.

Mais cette constatation abstraite a peu d'importance pratique. En fait — et c'est ce qui importe — l'*adhésion au dogme n'a jamais contraint un homme de science à réduire son outillage utile*. Que de fois l'on nous jette à la face l'accusation de « manquer de la liberté d'esprit nécessaire » : au lieu de s'en tenir à des généralités, qu'on nous montre donc, dans l'arsenal des sciences expérimentales, un véritable instrument que nous soyons inaptes à manier.

Cependant, n'exagérons rien et ne confondons pas deux questions fort distinctes. Il peut se faire, accidentellement, qu'une décision disciplinaire, n'engageant pas l'infaillibilité de l'Église, atteigne un savant catholique et l'entrave plus ou moins dans ses travaux. J'accorde volontiers que pareille décision, d'ailleurs réformable, se montrera parfois inopportune : ceci est affaire de gouvernement, non affaire de foi, et nombre d'objections écloses à ce sujet reposent sur une ignorance complète des règles, cependant assez précises, de l'exercice du magistère infaillible de l'Église. Pour les actes qu'elle ne couvre pas du privilège de l'infaillibilité, l'Église ne réclame point de ses « juges » un traitement de faveur, mais l'application sincère des principes de l'équité naturelle. Or, il serait injuste au premier chef de prétendre caractériser systématiquement une attitude par deux ou trois gestes isolés et accidentels. L'Église n'a pas pour mission de promouvoir les sciences : si elle est sortie souvent d'une neutralité — dont on n'eût pu raisonnablement lui faire grief — ce fut presque toujours pour rendre au savoir humain des services éminents, jamais à dessein de le contrarier. Quant à ces méprises — fort rares d'ailleurs — contre lesquelles Dieu n'a pas garanti le pouvoir ecclésiastique, replacées

dans leurs circonstances de temps et de lieu elles s'expliquent pour le moins aussi bien que certains ostracismes malencontreux prononcés parfois par des corps savants, dont le prestige demeure à bon droit incontesté. Cher ami, quand vous entendrez des publicistes faire à l'Église le reproche d'hostilité au progrès et de palinodies hypocrites, posez-vous ces trois questions :

1. Les actes ou décisions incriminés sont-ils exactement rapportés? 2. Sont-ils le fait du magistère infaillible, d'une autorité disciplinaire, ou bien seulement d'un certain nombre de théologiens sans mandat? 3. Replacés dans leur cadre naturel, ont-ils la portée et la signification qu'on leur attribue?

Mais revenons à l'attitude *présente* de l'Église en face des hypothèses scientifiques. Seule parmi celles-ci, de votre aveu, l'hypothèse de l'évolution pourrait faire difficulté. Mais, mon pauvre ami, ignorez-vous donc que sur ce point le *biologiste catholique a cent fois plus de liberté qu'il n'en pourrait exiger raisonnablement?* Avant d'atteindre, en partant de la matière brute, cette âme spirituelle de l'homme, que l'Église impose comme limite à sa chevauchée évolutionniste, il devrait franchir, avec moins de risque certes pour son salut que pour son bon sens, deux barrières singulièrement élevées — d'aucuns diront infranchissables : la génération spontanée et l'origine physico-chimique de la sensation. L'Église se désintéresse de cette « performance » : libre à lui de la tenter s'il en a la fantaisie. C'est par un à fortiori écrasant que vous pourrez après cela vous rassurer sur le sort réservé par notre obscurantisme de croyants à des formes plus modérées et plus réellement philosophiques de l'hypothèse transformiste.

Et ici encore, ne nous laissons pas prendre aux apparences. Je le veux bien, aucun principe philosophique n'interdit d'abandonner à la synthèse évolutionniste le champ complet de la morphologie des êtres vivants ; mais

ne vous imaginez pas que cette synthèse hypothétique soit près d'être faite, même dans les grandes lignes. La théorie transformiste, *étendue à l'ensemble du règne végétal et du règne animal,* ne saurait être actuellement qu'un point de vue esthétique, une concession à nos goûts d'unité, tout au plus une idée directrice psychologiquement justifiée. Elle n'est pas encore — et qui pourrait dire si elle le deviendra ? — un outil de travail bien utile et bien maniable, une sérieuse hypothèse de recherches. En voulez-vous la preuve ? Mais voyez donc : si l'on s'accorde assez facilement sur le principe abstrait de la descendance, combien nombreuses et profondes ne sont pas les divergences dès qu'on tente de préciser davantage, de déterminer les facteurs d'évolution ou de grouper les généalogies fragmentaires ? Quelles fortes nuances ne séparent point l'interprétation hæckelienne de la loi biogénétique (parallélisme de l'ontogénie et de la phylogénie), de l'interprétation bien plus pénétrante qu'en donne Oskar Hertwig ? Qu'on pousse un peu cette dernière interprétation, et l'une des lois fondamentales de l'évolutionnisme pourrait peut-être s'accommoder d'une hypothèse tout autre. Que se produisent — et surtout se soient produits — des phénomènes importants de sélection, d'adaptation, de mutation, j'en suis convaincu autant que tous mes collègues en biologie : mais les causes, le mécanisme, la portée..., qui les connaît ?

En somme, un seul point paraît actuellement assez bien établi pour qu'il soit dangereux de n'en point tenir compte : c'est l'étroitesse de notre conception de l'espèce organique, le caractère artificiel des groupements de nos classifications. Sous l'influence de conditions biologiques diverses, des transformations se seraient opérées, dont l'amplitude embrasse non seulement ces groupes auxquels, à l'exemple de Linné, nous appliquons l'étiquette « espèces », mais encore des groupes plus étendus, comme des genres et des familles. Beaucoup considèrent la chose comme infi-

niment probable, sinon certaine. D'autre part, la possibilité de transformations de cet ordre est à peu près le plus large présupposé théorique indispensable actuellement aux bons travaux de morphologie comparée. Je sais bien que plusieurs homologies de l'anatomie comparée tendent à faire admettre des rapports de parenté entre presque tous les groupes de l'échelle animale ; mais remarquez que beaucoup de ces homologies sont discutées ou discutables, que leur détermination est en partie subjective et leur signification des plus fuyantes ; remarquez surtout que ces homologies, par leur côté objectif, c'est-à-dire par les ressemblances qu'elles expriment, n'impliquent pas nécessairement, tant s'en faut, la parenté physique des types qui les réalisent : on leur fait impliquer souvent cette parenté grâce à une pure hypothèse, qui, pour être légitime, n'en est pas moins rigoureusement superflue dès qu'on la généralise.

Vous préciser davantage la dose exacte de transformisme qui constitue pour le biologiste une bonne « hypothèse-instrument de travail », je ne le tenterai point ici : c'est affaire à débattre entre spécialistes, et nous avons vu que le point de vue religieux ne saurait les mettre à l'étroit. Mais il est bon — même quand la foi n'y est point intéressée — de ramener à des proportions raisonnables les exigences exorbitantes et les caprices d'enfants gâtés, qui se rencontrent parfois sous la plume de certains savants et plus encore de certains publicistes « éclairés », catholiques ou non. A les entendre, l'adoption intégrale de la synthèse évolutionniste s'impose aujourd'hui comme une *nécessité* scientifique. Dieu nous délivre de ce simplisme intolérant ! Ne lisais-je pas ces jours derniers, dans une de ces revues qui font l'opinion du monde « bien élevé », un chaud plaidoyer pour la forte imprégnation de tout l'enseignement scientifique « moyen » par l'idée évolutionniste ? Il est temps, paraît-il, de faire à notre jeunesse une mentalité évolutionniste. Et l'année dernière, c'est un

ecclésiastique que j'entendais souhaiter avec impatience la pénétration de l'esprit du jeune clergé par le principe d'évolution, cette conquête définitive de la science moderne! Entre parenthèses, mon bon ami, le zèle de cet ardent abbé avait toute la sincérité et quelques-unes des illusions du vôtre. Et vous concevrez qu'en ce moment je lève les yeux avec une certaine mélancolie vers ma modeste bibliothèque, où les ouvrages des maîtres de la morphologie comparée témoignent, chacun à sa façon, de l'*incertitude qui règne encore, chez les plus compétents, sur la valeur concrète de la théorie de la descendance.*

Après cela, n'allez pas croire que je prêche la croisade contre l'idée d'étendre le transformisme à l'ensemble du monde organique. Cette idée, en soi, est belle et séduisante ; si les faits ne l'appuient pas suffisamment, du moins ne la contredisent-ils point, que je sache ; libre à chacun de l'adopter, si elle lui plaît. Je proteste uniquement contre l'intolérance qui voudrait l'imposer à tous sous peine de déchéance intellectuelle et scientifique.

Et à ce propos, permettez-moi de préciser ma pensée par une remarque, qui a quelque chance de vous agréer.

On ne peut nier que l'idée d'une évolution organique n'entre à dose plutôt forte dans ce qu'on pourrait appeler l'esprit scientifique contemporain. Serait-il vraiment opportun de combattre cet « esprit » ou d'en faire fi *dès que ses manifestations dépassent les limites de sérieuse objectivité que j'ai tracées plus haut ?* Plusieurs controversistes catholiques semblent l'avoir cru et s'être mal gardés eux-mêmes de cette intolérance, si contagieuse, dont ils faisaient grief à leurs adversaires. J'estime qu'ils ont manqué parfois de ce tact, de cette mesure, qui résultent d'une juste appréciation des choses.

Tout n'est pas à dédaigner dans une attitude même subjective, dans un ensemble de tendances et d'appréciations dont la valeur ne serait susceptible d'aucune démonstration directe. Car voyez : même dans le cas où

cette démonstration est possible, le processus psychologique, qui forme en nous, petit à petit, presque à notre insu, la conviction ou l'opinion, n'est qu'imparfaitement superposable au schématisme dialectique par lequel nous éprouvons et justifions ces attitudes mentales. Que de fois nous *admettons* d'abord et nous *prouvons* ensuite ! Voilà un cytologiste à son microscope : depuis des semaines il examine, plus ou moins minutieusement, des files interminables de préparations. Je gage que, neuf fois sur dix, le premier travail qui s'est fait en son esprit n'aura ressemblé en rien à cet acheminement méthodique et appuyé, que son mémoire imprimé présentera plus tard au public. Par les yeux lui seront entrées une foule d'impressions qui se seront enregistrées et casées comme elles auront pu, essayant de se coordonner sous tels ou tels points de vue successifs, aiguillant l'esprit presque mécaniquement dans telle ou telle direction, s'emboîtant enfin sous une forme d'équilibre plus stable dont l'expression abstraite se sera imposée alors à la manière d'une hypothèse sérieuse : la justification dialectique de celle-ci ne vient que plus tard.

Mais chez un homme de science, maniant un nombre énorme de faits connexes, relatifs à une même spécialité, ce travail mi-conscient mi-inconscient ne chôme guère ; une partie seulement de ses résultats s'extériorisera en propositions induites ou déduites selon l'ordonnance classique ; l'autre partie consistera surtout en répercussions silencieuses sur l'orientation et les tendances de la vie mentale ; elle créera chez cet homme une prédominance de telles ou telles représentations, une prédisposition à apprécier tel groupe de choses sous tel ou tel angle.

Encore une fois, tout n'est pas à négliger dans ce fonds de mentalité, qui s'est constitué en dehors des règles de la logique mais au contact quotidien des faits ; s'il est vrai, du moins, que les tendances sourdes de l'esprit peuvent trouver une garantie relative dans la nature

même des circonstances où elles ont éclos et grandi. Aussi leurs manifestations, quand elles demeurent dans les limites des convenances et du bon sens, peuvent paraître respectables, non seulement parce qu'elles expriment l'état d'âme d'un de nos semblables, mais aussi parce qu'elles ont chance de rencontrer partiellement la vérité.

Supposez maintenant que ces préférences intellectuelles se retrouvent identiques chez la majorité des hommes de science attachés à telle étude particulière : tant qu'elles ne porteront pas sur des objets étrangers au champ d'investigation de ces savants, ne méritent-elles pas notre déférence, sans s'imposer d'ailleurs à notre adhésion ? Je conçois parfaitement que beaucoup de biologistes sentent les faits se coordonner plus aisément en leur esprit dans l'hypothèse d'une évolution dominant toute la morphologie organique ; d'autres n'éprouveront pas cette impression au même degré ; mais un profane serait-il bien venu de leur reprocher cette attitude personnelle en vertu de je ne sais quels axiomes philosophiques douteux ou de quelles traditions mal comprises ?

Cher ami, le publiciste catholique, en face de « l'esprit scientifique contemporain », doit naviguer à égale distance de deux écueils : l'admiration aveugle — ceci est un peu pour vous — et le manque de sympathie — ceci est pour quelques autres. Qu'il est donc difficile, en dépit des meilleures intentions, de garder sa ligne droite, le cap sur la vérité !...

Vous semblez avoir lu ce discours de Gabriel Séailles au récent Congrès maçonnique de Rome. Un joli pamphlet, n'est-ce pas ? Son auteur, en homme d'esprit, fait bon marché des prétendues oppositions entre le dogme et les *faits* scientifiques. Cela, c'est la glu vulgaire où se prennent les simples et les badauds. Le conflit est ailleurs, mais, là, aigu et irréductible. L'esprit chrétien — et plus particulièrement l'esprit catholique — barre la route à l'esprit moderne ; les « affirmations de la conscience con-

temporaine » refoulent devant elles les affirmations de la conscience religieuse ; la mentalité créée par la Science est incompatible avec la mentalité pétrie par le dogme, etc.

Ah ! pauvre cher ami, ce sont de pareilles affirmations dont la superbe assurance donne le frisson à des catholiques aussi sincères que vous l'êtes ! Et vous cherchez quel sacrifice d'apaisement l'on pourrait bien offrir à ce fétiche d' « esprit moderne » et à ses redoutables oracles. Ici vous n'échapperez pas à la lutte, elle est inévitable. L' « esprit moderne » de M. Séailles est sur trop de points le contrepied de l'esprit catholique. Mais l'esprit moderne de M. Séailles est-il l'esprit moderne tout court ? Cette « mentalité laïque contemporaine », tant adulée, trouve-t-elle réellement dans la science son inspiratrice et son garant ?

La sempiternelle piperie des mots ! L' « esprit moderne », c'est-à-dire celui de la masse de nos contemporains, sera apparemment *ce qu'on le fera* ; et rien ne présage que la Providence de Dieu doive soumettre la cause de la vérité à l'épreuve de fléchissements particulièrement pénibles. La persécution matérielle ne tue pas l'esprit, et l'horizon intellectuel est-il donc plus inquiétant qu'à d'autres époques ?

Quant à cette « mentalité laïque » dont on voudrait faire un synonyme d' « esprit scientifique », elle représente un ensemble de principes et de tendances, dont une partie seulement — celle précisément qui s'accorde sans peine avec le catholicisme le plus orthodoxe — peut se prévaloir du patronage de la science. La divergence entre cette « mentalité » et le dogme commence *au point précis où la science cède la place à la métaphysique.*

Le dogme, nous l'avons vu, s'accommode de toutes les exigences logiques et psychologiques du progrès scientifique, et laisse même par delà pas mal de marge à la fantaisie. Tant que cette fantaisie folâtre dans le domaine des choses expérimentables, son contrôle et sa répression

ressortissent à la juridiction ordinaire de la science ; dès qu'elle se porte plus loin et prétend atteindre, par négation ou autrement, des objets transcendants à l'expérience sensible, elle échappe à la tutelle de la science pour tomber sous la juridiction de la métaphysique. La « science laïque » vit d'un malentendu : en tant que « science », elle ne peut être laïque plutôt que cléricale ; en tant que « laïque », elle n'est plus « science », elle est « métaphysique »

Entre le dogme et la métaphysique « laïque », le désaccord est évident. Mais qu'est-ce donc que cette métaphysique laïque ?

Tout d'abord, c'est la métaphysique de ces doctes ingénus qui croient bonnement n'en point faire du tout ; et ils ne sont pas rares parmi nos savants d'aujourd'hui. Vous n'imaginez pas jusqu'à quel point la pratique trop exclusive du raisonnement expérimental peut rendre un homme de science inaccessible à l'impression de raisonnement d'un autre ordre. S'il n'y prend garde, la réalité métaphysique revêt bientôt à ses yeux un tel caractère d'étrangeté, que volontiers il la tiendrait pour fantasmagorie de rêveurs. De cette disposition affective à la négation formelle de tout objet dépassant l'expérience sensible, la distance est bien courte : elle sera tôt franchie sous l'impulsion de ce sentiment étroit, créé par un rétrécissement arbitraire du champ des expériences personnelles. Et l'aboutissant, dans ce cas, se trouvera être un véritable dogmatisme négatif.

Ce dogmatisme — souvent plus ou moins latent, et alors de teinte uniformément imprécise — se diversifie sous la plume des métaphysiciens patentés qui le formulent. Je ne puis songer à en décrire ici les multiples modalités ; aussi, cher ami, en abandonné-je les profondeurs à vos méditations. Si je ne me trompe, vous vous apercevrez sans peine que la philosophie fondamentale de l' « esprit scientifique, laïque et moderne » se ramène

logiquement — lorsqu'il est autre chose qu'une poussée d'instincts anticléricaux — soit à l'affirmation, métaphysique s'il en fut, du monisme matérialiste, soit à la thèse épistémologique du phénoménisme le plus radical : deux attitudes qu'un irrévérencieux pourrait trouver légèrement arriérées dans l'évolution de la pensée philosophique contemporaine.

D'ailleurs, il n'importe pour l'instant. Tout mon but était de rappeler que si nos croyances sont en conflit avec quelque chose, ce n'est ni avec les *faits scientifiques*, ni avec les *exigences scientifiques*, ni même avec les *fantaisies purement scientifiques*, mais bien avec un certain courant métaphysique, hypocritement paré du manteau de la science et dont les adhérents — des parangons de modestie — se piquent de monopoliser l'esprit moderne et les ferments de progrès.

Toutes équivoques levées, il apparaît que *le terrain de la lutte est le terrain philosophique*. Or là vous savez combien l'on est fort lorsqu'on a pour soi cette *perennis philosophia* qui n'ampute la conscience humaine d'aucun de ses organes d'information, ni l'univers connaissable d'aucun ordre de ses réalités.

Je termine ici mon plaidoyer. Puisque vous êtes responsable de sa confection, n'oubliez pas de rapporter cette modeste pièce au dossier complet de la défense de l'Église. Car quelle que soit leur valeur, l'impression qui se dégage de titres isolés est trop pâle pour être juste. Le morcellement des points de vue fait tort à la vérité intégrale. La cause de l'Église mérite mieux que le bénéfice des sentences laborieusement échafaudées par une apologétique fragmentaire ; pour qui sait l'envisager, cette cause, dans toute son ampleur, pour qui sait non seulement la comprendre mais la vivre, elle s'illumine d'un resplendissement triomphal de vérité. Mon cher ami, nulle part comme dans la foi catholique vous ne trouverez l'épanouissement harmonieux et raisonnable de vos tendances

les meilleures, nulle part non plus vous ne trouverez plus réduite la part des déceptions et des lassitudes inséparables de toute vie humaine. N'allez donc plus vous immobiliser, anxieux et désenchanté, devant une difficulté de détail, qui n'est souvent qu'une misérable équivoque, oubliant, pour un trait d'ombre fugitif, le faisceau compact où la lumière de vérité surabonde. *Modicae fidei, quare dubitasti ?*

J. M.

FORMATION SUR PLACE

DE LA

HOUILLE [1]

Il y aura bientôt dix ans que nous eûmes l'honneur d'entretenir les lecteurs de la REVUE (2) de nos idées sur la formation de la houille. Le cours de nos études sur les bassins houillers belges nous avait amené à examiner les diverses théories qui tâchent d'expliquer ce phénomène, toujours si captivant pour un géologue. Aucune ne nous donnait pleine satisfaction. A prendre les choses en gros, on peut dire que les idées se partageaient — comme elles se partagent encore — entre deux courants principaux : l'un, le plus ancien, guidé par le principe des *causes actuelles*, convergeait vers ce qu'on appelle *la formation de la houille sur place* (autochtonie) ; l'autre, plus récent, plus vigoureux, grâce aux travaux et aux

(1) Cet article a fait l'objet de plusieurs conférences que l'auteur a données cet hiver : à la Société scientifique de Bruxelles ; à l'École supérieure de Commerce de l'Institut St-Ignace d'Anvers ; à l'École professionnelle du Collège St-Louis de Liége ; à la Société « Geloof en Wetenschap » de Maastricht ; à l'Extension universitaire belge de St-Gilles ; à l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Louvain ; à l' « Émulation » de Namur ; à l'Extension universitaire de Mons ; à la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie de Bruxelles ; à l'Extension universitaire d'Ixelles, etc.

(2) *L'Age de la houille.* REVUE DES QUEST. SCIENT., 1896, t. XXXIX, pp. 463-486.

expériences de MM. Grand' Eury et Fayol, tendait à tout expliquer par *la formation par transport* (allochtonie) (1).

Bien que la formation sur place comptât plus de sympathie et plus d'appui en Belgique, il faut avouer qu'à ce moment-là elle était basée sur un fondement moins scientifique, moins riche en raisons et en preuves. Tout se résumait à dire que les lits de houille devaient s'être constitués à la façon dont se forment aujourd'hui les tourbières. Et les tourbières, on les connaissait peu ou prou. Lisez les travaux les plus autorisés de l'époque et vous y verrez les raisons mises en assez pauvre lumière, et les auteurs se satisfaire trop aisément de cette idée simpliste qui croit que jamais il n'y eût rien de nouveau sous le soleil.

L'autre théorie se présentait en bien meilleure posture devant la critique. Elle était basée sur l'étude fouillée de certains bassins houillers du centre de la France et se trouvait corroborée par les fameuses expériences que M. Fayol fit dans les lavoirs de ses exploitations minières. Pour elle, la houille était une alluvion au même titre que les sédiments entre lesquels ses couches sont enserrées. En cherchant bien, nous avions eu la bonne fortune de trouver dans notre bassin houiller belge un certain nombre de faits qui rentraient dans les idées des savants français. C'était l'enchevêtrement lenticulaire latéral des sédiments qui composent l'horizon houiller de Belgique (2), c'étaient encore les conditions de gisement de nombreux troncs-debout accusant beaucoup plus le transport qu'une végétation autochtone (3), c'étaient enfin de nombreux galets parfaitement roulés qui se trouvaient disséminés

(1) M. de Lapparent s'en est fait l'avocat. Cfr. *L'Origine de la Houille*, REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1892. Et aussi : *Traité de Géologie*, 5me édit., 1906, pp. 976-990.

(2) *Projet d'étude des bassins houillers belges*. REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XXXVII, janvier 1905, pp. 145-159.

(3) *La Portée géogénique des troncs-debout*. ANN. DE LA SOC. SCIENT., 1895-1896, t. XX, première partie, pp. 113-117.

dans la houille même, lui imprimant ainsi le caractère d'une alluvion (1).

Malgré ces observations, qui auraient dû nous écarter de la théorie traditionnelle et nous gagner pour de bon aux idées de la formation par transport, un fait nous arrêta. Il nous amena à concevoir alors une hypothèse hybride qui, nous semblait-il, aurait pu satisfaire dans la mesure voulue aux exigences des deux théories. Ce fait, il convient que nous y insistions, c'est le « mur » géologique (2) de nos couches de houille. Tout le monde le sait, le mur est cet aspect particulier que prend tout sédiment en dessous d'un lit de charbon. Le caractère stratigraphique de la roche est comme atténué par la macération particulière qu'y a amenée la végétation, dont le développement *in loco natali* s'affirme sans conteste. Les axes des racines *(stigmaria)* pénètrent naturellement la roche avec leurs radicelles inconsistantes radiant tout autour dans la situation même de la vie, surprise par la pétrification de l'ensemble. En un mot, ce mur n'est autre chose qu'un sol de végétation qui se répète *dans l'épaisseur* de la formation houillère, non seulement autant de fois qu'il y a de veines exploitables, mais autant de fois qu'il y a de simples passées de charbon ; et qui s'étend *en surface*, à chacun de ces niveaux, autant que chacune de ces couches mesure d'extension. L'absence d'un mur en dessous d'une couche de houille est un fait exceptionnel et absolument local. Un phénomène d'une pareille signification s'impose à l'observateur d'une façon si pressante qu'on ne peut point négliger son importance dans les déductions théoriques qu'on est amené à formuler. La chose ne laisse pas place au doute : *le mur des*

(1) *A propos des cailloux roulés du houiller.* ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1894, t. XXI, pp. LXXI et suiv.

(2) *Le Mur des couches de houille et sa flore.* ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1895, t. XXII, pp. 13 et suiv. — *La signification géogénique des Stigmaria au mur des couches de houille.* ANN. DE LA SOC. SCIENT., 1896-1897, t. XXI, première partie, pp. 86-92.

couches de houille est un phénomène autochtone. Il indique d'une manière péremptoire la présence d'une végétation qui s'est naturellement développée à l'endroit même où on en trouve le système radiculaire pétrifié.

C'est en considération du mur géologique que nous ne parvînmes pas jadis à nous dégager entièrement des idées d'autochtonie. Nous pensions alors que, si les éléments rocheux de la formation houillère étaient dus uniquement à la sédimentation, il n'en était pas de même de la *totalité* des lits charbonneux. Ceux-ci étaient parfois la trace d'une végétation autochtone qui avait pris racine sur la plaine maritime, tandis que, grâce à d'autres causes — par exemple à des érosions — il était venu s'y ajouter des débris de la végétation continentale. C'était là une vraie sédimentation humique — la « bouillie végétale » de de Saporta — amenée de la terre ferme par les cours d'eau. Il y avait donc quatre procédés différents : l'allochtonie de tous les sédiments, schistes ou grès ; la modification de ceux-ci en « mur » par l'implantation d'une végétation ; et enfin l'autochtonie ou l'allochtonie de la houille, d'après que celle-ci provenait des restes de la végétation transformés sur place, ou bien qu'elle provenait de l'apport, par les eaux courantes, des débris végétaux enlevés aux terres voisines (1).

Pour tirer profit de ces observations, il nous manquait, comme à beaucoup de géologues, la connaissance des tourbières, avec lesquelles nous aurions dû pouvoir établir

(1) M. A. Renier vient de réunir dans un mémoire les principaux faits connus, qui établissent l'autochtonie des « murs » et des « troncs-debout » des bassins belges (*a*). Ce n'est pas l'endroit d'en discuter le contenu. Disons seulement que nous préférerions, pour schématiser le cycle houiller, la formule : « *stampe, mur, couche de houille, stampe.....* » Il est plus logique de fournir d'abord au mur de quoi s'établir.

(*a*) *Observations paléontologiques sur le mode de formation du terrain houiller belge.* ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1906, t. XXXII, pp. M 26 et suiv., pl. XI.

un parallèle pour édifier d'une façon scientifique la théorie de la formation autochtone de la houille.

L'année dernière, M. le Dr H. Potonié, professeur à l'École des Mines de Berlin, fut prié d'exposer à Liége, dans le pavillon de la Société Internationale de Forage d'Erkelenz, ses idées touchant la formation de la houille. Son exposition était des plus parlantes, appuyée sur des échantillons variés, recueillis au cours de ses longues et savantes observations. Cependant le public, avec ses idées préconçues, n'aurait guère tiré tout le parti désirable de cet ensemble si complexe. Il fallait un guide. M. Potonié rédigea un mémoire et voulut bien recourir à nous pour le présenter aux lecteurs de langue française (1). Ce travail nous amena à pénétrer les idées du savant professeur ; il nous dévoila tout un monde nouveau d'observations et nous ébranla singulièrement dans la tendance de plus en plus prononcée qui nous entraînait à attribuer dans la formation de la houille la part du lion au transport.

Ce qui nous manquait, nous le disions tout à l'heure, c'était la connaissance des tourbières actuelles. Or, M. Potonié avait passé à la paléobotanique avec un acquis immense amassé par de longs travaux botaniques au milieu des marécages tourbeux de l'Allemagne du Nord. Ses observations venaient renverser beaucoup d'idées reçues touchant la vie des tourbières et nous apprenaient une foule de détails qui, à chaque pas, établissaient un trait d'union nouveau entre le passé de la houille et des lignites et le présent des tourbières. Qu'il nous permette de lui exprimer ici notre plus vive gratitude pour les marques de confraternité scientifique aussi aimables que désintéressées dont il nous honora.

(1) *Entstehung der Steinkohle*, von prof. Dr H. Potonié. 3e Aufl. Berlin, Borntrager, 1905.

Cette brochure a été largement distribuée à l'Exposition. Notons à ce propos que, en la traduisant, nous nous sommes attaché à rendre le plus fidèlement possible la pensée de l'auteur ; ici nous avons pu nous affranchir de cette rigueur et adopter la forme à notre manière de voir.

Avant d'aborder l'examen du parallèle qui va s'imposer à nous, à la lumière des faits nouveaux, il convient que sommairement nous exposions les grandes lignes de la formation actuelle des gisements d'origine végétale.

On pourrait énoncer ce principe : toute accumulation de débris organiques, et particulièrement de restes végétaux, dépend de la relation qui s'établit par le jeu des circonstances entre la production des organismes et leur décomposition chimique. Si celle-ci égale et surtout dépasse celle-là, il n'y aura point d'accumulation.

Ainsi le végétal qui tombe à découvert sur le sable de nos chemins devient aussitôt la proie de l'oxygène de l'air qui l'aura bientôt réduit en eau (H_2O) et en gaz (C_2O). Ce sera la *destruction*. En repassant par le chemin, vous pourrez voir se dessiner encore dans le sable l'organisation délicate de la feuille qui y était étalée, mais vous ne distinguerez plus aucune trace des matières qui l'ont composée. Ce jeu-là pourra, à un endroit donné, se répéter maintes fois, sans que jamais aucune trace palpable ne puisse en rester : le processus de la décomposition l'emporte radicalement sur celui de la production.

Il en va tout autrement lorsque, aux pieds des arbres d'une forêt, s'accumulent les dépouilles de sa végétation dense et compacte. Les débris se recouvrent rapidement les uns les autres, dans un milieu tout de moiteur où la stagnation de l'air est favorisée par les couronnes enchevêtrées des arbres et des buissons. Dans ces circonstances l'oxygène ne peut pas exercer son action assez rapidement pour amener une destruction complète. A la faveur du milieu spécial, qui n'est point aseptique, mais où l'action bactérienne est intense, le produit humique qui se formera sera le *terreau*. C'est un humus nettement alcalin ou neutre. Dans ce cas-ci il se constituera déjà une certaine accumulation humique qui, si elle est à temps recouverte par un sédiment, pourrait donner lieu à une couche de matières charbonneuses.

Mais les circonstances sont bien autrement favorables à une accumulation importante de produits humiques dans les milieux où se développent les tourbières. La *tourbière* est essentiellement une végétation marécageuse qui, tout en se développant à l'air libre, a son pied sous le manteau protecteur de l'eau. Grâce à une adaptation particulière, les végétaux tourbeux meurent par leur base sous l'eau, tandis que des niveaux successifs de racines s'étagent le long de leurs tiges et de leurs troncs. Le végétal peut ainsi accumuler sous lui, abrités contre l'oxygène par une eau peu mouvementée, les restes de toute sa vie, et assurer, tant que les circonstances ne changeront pas, la continuité de la croissance tourbeuse. La tourbe est aussi un humus, mais un humus entièrement aseptique et d'un caractère franchement acide.

Il suffirait, pour passer de la tourbe au lignite, et du lignite à la houille, d'imaginer un processus chimique qui s'exprimât par l'idée d'un *enrichissement en carbone* (1). Le malheur en tout ceci est que la chimie des matières humiques en est encore à l'a b c. Ce chapitre reste entièrement ouvert aux investigations des spécialistes. Espérons que l'intérêt qu'y trouverait la géologie, engagera quelque patient chercheur à élucider cette difficile question. L'impossibilité où nous nous trouvons de tabler actuellement sur les conclusions des chimistes, ne doit pas cependant nous défendre d'émettre une idée qui n'a pour elle rien d'improbable.

Passons enfin à un milieu plus spécial encore, celui des eaux stagnantes ou semi-stagnantes où se forment les *Sapropels* (boues de putréfaction). M. Potonié a créé ce terme, pour grouper toutes espèces de vases organiques fort répandues, qui ont jusqu'ici trop peu attiré l'attention

(1) On trouvera les plus suggestives considérations à ce sujet dans la conférence faite à Arras, en 1904, par M. Ch. Barrois, de l'Institut. Cfr. *Sur le mode de formation de la houille au Pas-de-Calais*. ANN. DE LA SOC. GÉOL. DU NORD, 1904, t. XXXIII, pp. 156 et suiv.

des naturalistes. Fraîche, cette vase singulière est d'un aspect boueux et au toucher fort élastique (1); séchée elle durcit extrêmement, se craquèle et présente des cassures conchoïdales quand elle est ancienne.

L'examen microscopique nous montre le sapropel constitué de débris plus ou moins décomposés, appartenant aux plantes et aux animaux aquatiques, qui se trouvent comme noyés dans une gelée. Celle-ci ne peut être que le résidu humique d'une décomposition initiale des organismes entamés qu'elle empâte. Peut-être pourrait-on rapprocher cette constatation de la présence constante d'une « matière bitumineuse » qui compénètre la masse de tout charbon, d'après les consciencieuses recherches de M. C.-Eg. Bertrand (2). En tous cas les faits indiquent que, dans ce milieu, l'oxygène, agissant au début, s'est trouvé en quantité insuffisante pour amener la « destruction ». Mais ce qui ne s'explique guère, c'est que cette décomposition amorcée se soit arrêtée, et que le résidu soit comme figé dans un état définitif. Ainsi les échantillons de sapropel, qui avaient passé à Liége les plus chauds mois de l'année, n'accusaient pas le moindre progrès de décomposition à la fin de l'exposition !

L'intérêt de la matière nous engagerait à ne pas nous en tenir au sapropel pur; mais nous étendrions trop le cadre de notre sujet. Il est rare, en effet, que cette roche se présente dans une homogénéité absolue. Ordinairement des sédiments minéraux s'y mêlent, ils peuvent même

(1) Dans les régions à sous-sol tourbeux, comme en Hollande, la présence éventuelle de cette formation est prévue dans les cahiers de charge. Son élasticité joue parfois de mauvais tours aux entrepreneurs. Elle résiste au début, puis la bâtisse s'alourdissant, en une fois, le sol cède et la vase sapropélienne (Derrie ou Darink en Hollande) s'échappe tout autour de la construction, qui s'effondre d'autant en dessous du niveau prévu.

(2) *Ce que les coupes minces des charbons de terre nous ont appris sur leur mode de formation.* — MÉM. DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE... GÉOLOGIE APPLIQUÉE, Liége, 1905.

constituer la masse tandis que le sapropel n'en sera plus que l'accessoire.

Qu'il nous suffise de dire ici que tout cet ensemble rentre dans la classe des *roches sapropéliennes*. Tantôt, comme dans les cannel-coal, les boghead, les kieselguhr, etc., le sapropel prédominera — tantôt, comme dans les roches bitumineuses ou fétides, le sapropel ne fera qu'imbiber la pâte minérale. Tous ces degrés se rencontrent dans la formation houillère depuis le sapropel pur — qui serait la houille mate, d'après M. Potonié — jusqu'au sédiment minéral qui dégage des hydrocarbures à la flamme. Enfin indiquons simplement que M. Potonié a établi qu'au nombre des sapropels se rangent les roches-mères des pétroles (1).

Les différents stades que nous venons de rencontrer en appellent tous à l'autochtonie. Si nous n'avons pas signalé de phénomène où l'accumulation d'un combustible soit due au transport, c'est tout simplement, qu'à notre connaissance, il n'y a pas de formation où actuellement nous puissions observer la constitution d'un pareil gisement dû à cette cause. Il est vrai qu'on cite certains sondages — comme ceux de l'*Albatros*, rapportés par Agassiz — où du fond du golfe du Mexique, les appareils auraient ramené des végétaux *dans tous les états de la décomposition*, mêlés à la vase à globigérines! Le fait est intéressant, mais il est unique. Et il s'agirait encore de démontrer que c'est à partir du charriage même que ces végétaux étaient ainsi décomposés. Il nous reste de ce que nous avons appris par M. Potonié, comme de nos propres observations, qu'il paraît bien difficile, sinon impossible, qu'une masse végétale — la « bouillie » de de Saporta — soit charriée à quelque distance par des eaux courantes, sans être notablement diminuée, si même elle ne partage pas le

(1) *Zur Frage nach den Ur-materialien der Petrolea* von H. Potonié. — JAHRB. D. KÖNIGL. PREUSS. GEOL. LANDESANSTALT, B. XXV, SS. 342-368.

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — LAC SUR L'ANCIEN BRAS DE LA HAVEL. STADE A *Sapropel*.
(Schlachten See, Grunewald, Berlin.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — MÊME LAC AURÉOLÉ DE SAPROPEL. — ROSELIÈRE ENVAHISSANTE.
AU LOIN LA TOURBIÈRE BOISÉE.

sort des végétaux que nous voyions tout à l'heure réduits à la « destruction ». Descendez en Belgique des faîtes de la Baraque Michel, où vivent pas mal de tourbières, et vous verrez descendre à vos côtés mille filets d'eau tout teintés de noir par les matières humiques dont ils se sont chargés en parcourant le plateau. Vous ne devrez pas marcher bien loin pour constater que la teinte s'éclaircit et que bientôt même l'eau par ses remous aura permis à l'oxygène de l'air de brûler entièrement l'humus qu'elle charriait. C'est un exemple de fort petite mesure, mais nous avons sur le monde de grands fleuves, le Rio-Negro, le Congo, etc., qui charrient des dépôts analogues en proportion de leur importance comme de celle des forêts tourbeuses qu'ils traversent. Or nulle part on ne nous a montré jusqu'ici un recoin, une anse plus tranquille, un lac où ces grands charrieurs de matières végétales auraient déposé une sédimentation de combustibles végétaux. Ils roulent leurs eaux toutes noires jusque dans la mer et c'est là, dans les remous de l'estuaire, que se détruisent les dernières traces du transport de matières végétales.

Avant de passer à l'analyse du phénomène actuel, tel qu'il s'offre à nos observations, il convient de nous arrêter encore à une remarque préliminaire, d'une portée fort générale. Nulle part, et surtout dans notre vieille Europe, dont l'homme a pris tellement possession, nous ne voyons la nature librement agir ; partout l'homme intervient et la régit brutalement. Voulez-vous un exemple : nous parlions tout à l'heure de fleuves, quels sont ceux qui sont encore abandonnés à leur libre développement ? Ici on les rétrécit, là on leur donne plus d'ampleur, on établit des barrages, des écluses, on les enserre de quais rigides, on va même jusqu'à leur faire... de « grandes coupures ». On comprendra aisément qu'il serait dangereux d'établir des théories si l'on prétendait trop rigoureusement tenir compte de ce que l'on voit dans la nature telle qu'on peut l'atteindre aujourd'hui : le « voile de la civilisation » déforme et

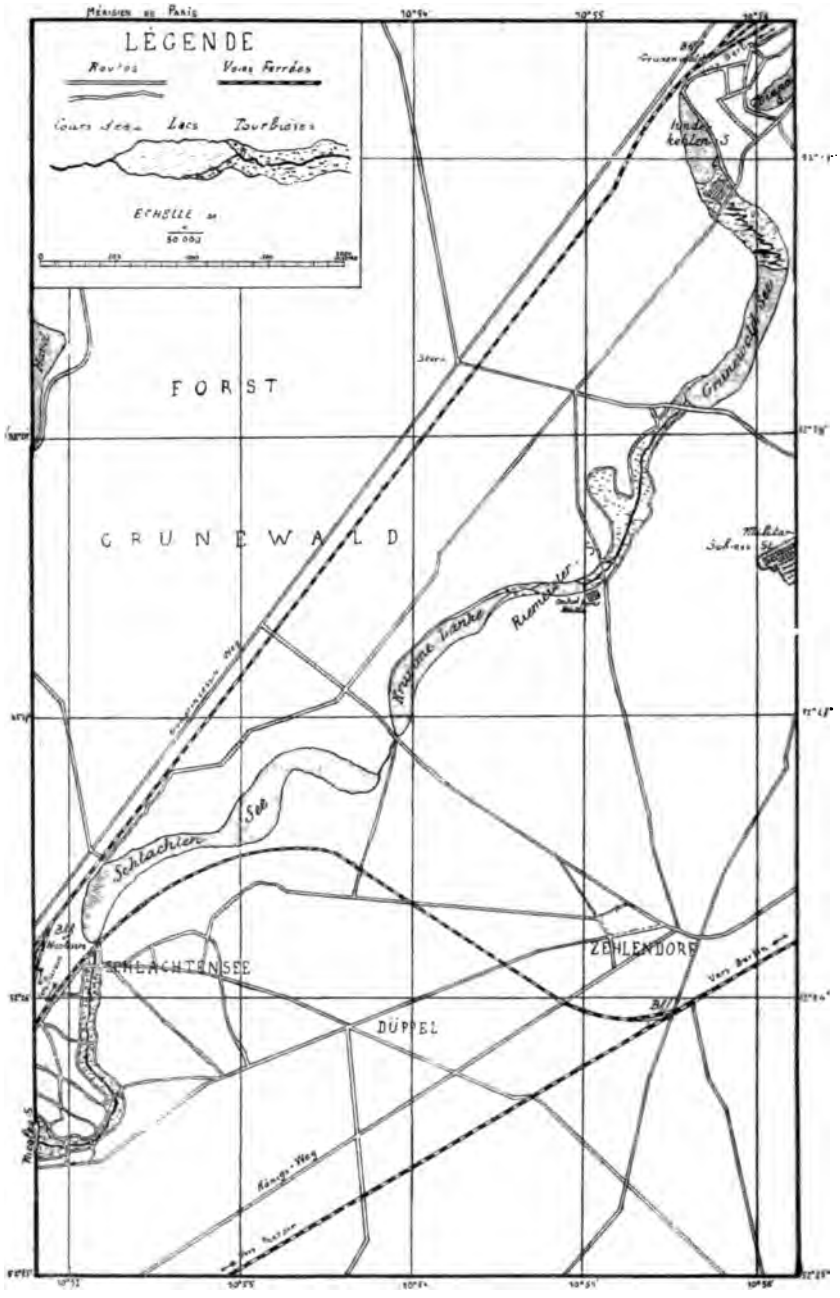


Fig. 1. — Bras de la Havel envahi graduellement par le régime tourbeux.

masque beaucoup trop les choses. Il ne faut point chercher dans nos observations des photographies selon lesquelles nous voudrions reconstituer trop fidèlement le passé. M. de Lapparent nous a mis en garde contre la « fascination des causes actuelles ». Ce n'est que sage ; vouloir trouver dans le présent l'*absolue* représentation du passé serait une grave erreur. Mais nous pensons, d'autre part, qu'il est également hasardeux de vouloir faire de toutes pièces le passé, sans avoir égard à ce que nous enseigne la nature d'aujourd'hui. La nature jouit d'une activité trop exubérante, trop capricieuse pour se laisser enfermer dans l'étroitesse d'un cadre aussi conventionnel.

Il y a, non loin de Berlin, un bras de la Havel (Fig. 1), est en voie de disparaître par l'ensablement de son fond et qui par la conquête que les végétaux font lentement, mais à coup sûr, de chacun des lacs qui s'échelonnent le long de son ancien cours. Lorsqu'on observe les lacs — le Schlachtensee, par exemple (Pl. I, fig. 1) — qui sont encore largement ouverts, on voit s'y développer une grande quantité d'algues, de plantes et d'animaux aquatiques. Les restes de ces organismes ne tardent pas à se précipiter au fond des eaux semi-stagnantes en s'additionnant des excréments de la faune aquatique et des organes caducs des plantes riveraines. Cette formation se produit d'une façon très active dans la plupart de ces lacs ; elle en tapisse le fond et en auréole (Pl. I, fig. 2) les bords : c'est du *sapropel*.

Grâce à cette bordure, composée d'une matière éminemment nutritive, la végétation hydrophile qui cerne le lac se hâte de l'envahir. Il se fait ainsi que, dans un temps relativement court, des surfaces aquatiques se trouvent entièrement envahies par la végétation qui s'y glisse à la faveur de la vase sapropélienne (Fig. 2). Le premier résultat de cet envahissement végétal est la constitution de ce que nous connaissons sous le nom de « prairie élastique » (Pl. II, fig. 1). Des *Nuphar*, des *Potamogeton*, des *Phragmites*, des *Glyceria*, des *Carex* et bien d'autres plantes

adaptées à ces milieux s'acquittent graduellement de la besogne. Et voilà le régime de tourbière amorcé : c'est

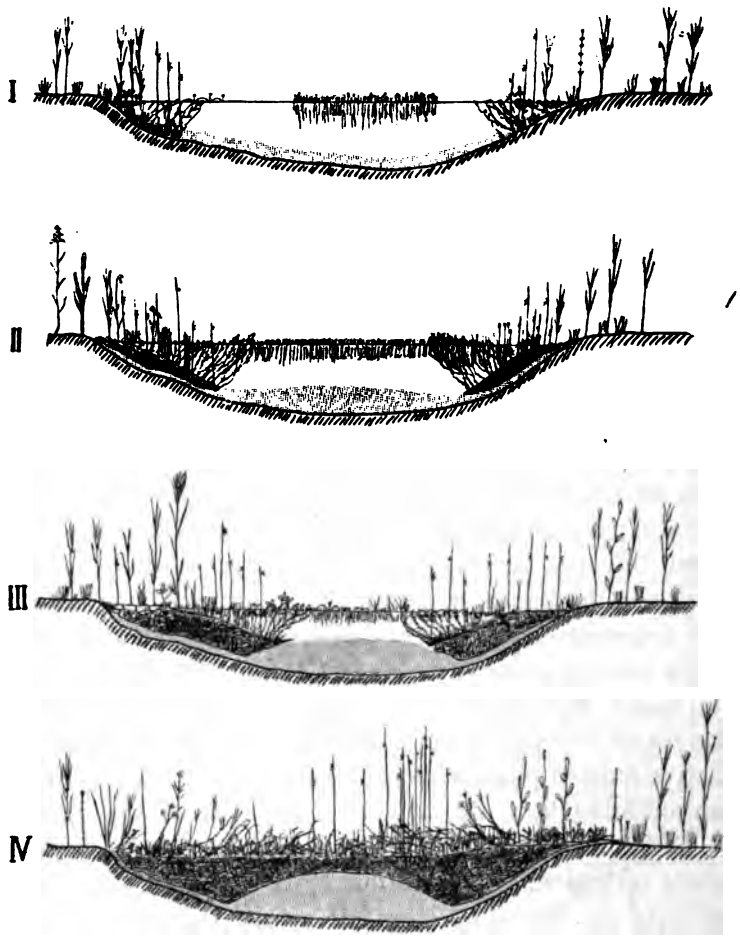


Fig. 2. — Représentation schématique de l'envahissement des lacs par l'accumulation sapropélienne (le pointillé) et la multiplication des plantes hygrophiles (*Verlandung*). Aller de I à IV; IV est le stade de prairie élastique.

le premier stade de *tourbière plate*, le stade marécageux, la « roselière ».

Nous le savons, ces prairies élastiques prennent bientôt

Cliché de l'auteur.

FIG. 1.

TRANSITION : 1. Lac. — 2. Roselière. — 3. Prairie élastique. — 4. Tourbière boisée.

(Krumme-Lanke, Grunewald, Berlin.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — TYPE DE BOIS A TOURBIÈRE.

(Bäketal, Teltowcanal, Gross-Lichterfelde, Berlin.)

assez de consistance pour supporter des charges, voire pour permettre petit à petit l'établissement à leur surface de bois et de forêts. Parmi la végétation arborescente, qui constitue ainsi le second stade de tourbière plate — la *tourbière boisée*, — dominent les aulnes (*A. glutinosa*), les bouleaux (*B. pubescens*), les sapins, les chênes, les fusains, etc., le tout bientôt envahi par les plantes grimpantes -- les lianes de ces climats — le houblon, le chèvrefeuille, etc. (Pl. II, fig. 2, Pl. III et Pl. IV, fig. 1). Ce tableau d'ensemble nous montre les tourbières sous un aspect pittoresque, sous lequel nous n'étions pas accoutumés à nous les imaginer. Quand toute cette végétation se trouve harmonieusement mêlée dans une tourbière, M. Potonié y voit — nous le justifierons plus tard — le type moderne le plus rapproché de ce que devaient être les forêts houillères (Mischwaldflachmoor : *tourbière boisée à essences diverses).*

Il est aisé de comprendre qu'une végétation aussi puissante ne puisse pas s'établir là où l'alimentation ne serait pas en proportion de ses appétits. Aussi voyons-nous qu'au travers de toutes ces tourbières circulent des eaux, quelquefois des rivières, des fleuves, qui apportent aux végétaux une nourriture sans cesse renouvelée. Nous sommes loin des tourbières qui s'étioleraient à l'entrée de la moindre eau impure !

Mais supposons maintenant que les circonstances viennent à empêcher l'eau de pénétrer encore la tourbière, ou que, par l'accumulation tourbeuse même, la surface où la vie se développe, dépasse le niveau où l'alimentation se produit, et voilà que les végétaux propres aux tourbières boisées arrêtent leur développement, deviennent difformes, chétifs, et bientôt dépérissent (Pl. IV, fig. 2 et Pl. V, fig. 1). Pour peu que dans ces circonstances-là le milieu, par suite du climat, par exemple, soit particulièrement humide, une nouvelle végétation naine, plus résistante et surtout plus sobre (les *Sphagnum*, les *Eriophorum*, les *Vaccinium*, les *Scheuchzeria*, etc.),

prend pied et amène la tourbière au stade de *tourbière bombée* (Pl. V, fig. 2 et Pl. VI, fig. 1). Ce sont là, en somme, les tourbières dont parle le plus la littérature géologique; mais, comme on voit, elles ne constituent qu'une étape parmi toutes celles que peut traverser ce régime si complexe. Une tourbière bombée peut non seulement se passer de nourriture, mais elle n'en supporte pas. Si une circonstance, un changement de régime, venait à lui en amener, elle périrait et retournerait à l'un des stades antérieurs. Non loin du château de Grunewald se trouve une petite tourbière bombée. Son existence, menacée par diverses causes, vient de l'être d'une façon plus sensible encore par la proximité d'une route que les automobiles fréquentent beaucoup. La poussière, que celles-ci soulèvent, et les fumées hydrocarburées, qu'elles lancent, apportent à la tourbière une nourriture trop abondante qui va achever de la faire dépérir.

Mais continuons la marche normale. Si la tourbière continue à s'accroître, l'accumulation humique va nécessairement s'élever tôt ou tard au-dessus du niveau de l'humidité qui lui est nécessaire avant tout. Ce sera la sécheresse, presque l'aridité (Pl. VI, fig. 2). Alors s'établira par dessus la tourbière bombée *la bruyère* (*Calluna*, *Erica*, etc. ...) stade dernier, type de la décrépitude ultime dans la vie des tourbières.

Nous venons dans ce court aperçu de retracer d'une façon *toute théorique*, tous les différents états par lesquels pourrait passer une tourbière. Mais, il convient d'y insister, cette succession ainsi représentée est purement théorique : c'est un schéma. Loin de nous d'en inférer que partout et toujours la succession se fait dans cet ordre complet et que toujours, devant une tourbière fossile, il faille rechercher les différents lits accusant la superposition des cinq formations (Pl. VII, fig. 1) que nous venons de décrire.

Quelques exemples mettront notre remarque en pleine lumière. On a pu voir parmi les documents exposés à

Clichés de l'auteur.

FIG. 1-2. — TYPES DE TOURBIÈRE BOISÉE A ESSENCES VARIÉES (LIANES).
(Barnbruch, Falleraleben, Brunswick.)

Liége par M. Potonié, la photographie d'une minuscule tourbière bombée, née sur la surface mamelonnée mais nue d'un bloc erratique du Hartz. En somme, que faut-il pour qu'il s'établisse une tourbière bombée ? Rien n'exige que quelque autre formation tourbeuse se soit d'abord développée en cet endroit. Il suffit d'une atmosphère saturée d'humidité, de quelques spores ou semences appropriées amenées en cet endroit, mais par dessus tout d'un sol dépourvu de principes nourriciers. Ce qui s'est fait directement sur cette roche, aurait pu se faire aussi bien sur un sable bien lessivé, comme en toutes conditions analogues. Nous parlions à l'instant de la disparition d'une tourbière bombée cédant à nouveau la place à une tourbière boisée. Ce fait seul indique la possibilité d'alternances répétées de lits tourbeux appartenant à des régimes différents. Imaginons même qu'une bruyère tourbeuse s'effondre assez pour provoquer par dessus sa surface un envahissement lacustre, et nous trouverons du sapropel (1er stade) superposé à de la tourbe de bruyère (5e stade). En petit nous pouvons observer ce phénomène, lorsque des roselières, envahies par les eaux aux périodes de crue, se couvrent de « papier d'algue ». Pareille alternance, d'une formation aquatique et d'une autre plus terrestre, ne pourra-t-elle pas se répéter souvent ? Sur la tranche, la tourbe qui en résultera, devra présenter un aspect stratifié, rappelant celui de la plupart de nos morceaux de charbon où des lames brillantes alternent avec des lames mates.

Tout ceci revient à dire que s'il nous a fallu décrire le phénomène tourbeux dans un ordre — et nous avons préféré un ordre logique, — nous ne voulons nullement signifier par là que toujours dans la nature le phénomène se présente avec la succession rigoureuse de toutes ses phases possibles. Cela dit encore, si l'on y réfléchit, que toutes ces diverses végétations que nous avons décrites en rapport avec les divers régimes tourbeux peuvent fort bien se rencontrer sans qu'on trouve par dessous l'accumulation tourbeuse à laquelle on pourrait s'attendre. Ainsi tel lac

des environs de Swinemünde (Ahlbeeker See) s'est si fort rempli de sapropel que son eau adipeuse n'y permet plus la libre navigation. Et cependant les conditions du milieu n'ont pas encore amené par dessus l'établissement des régimes tourbeux qui devraient, semble-t-il, s'y être installés depuis longtemps. Encore un exemple, plus proche de nous : la surface aride de notre sableuse Campine a amené le développement de bruyères sans fin, et cependant nous ne voyons que rarement se former sous leurs pieds la tourbe de bruyère. Cela prouve tout simplement — rappelons-nous notre premier principe — qu'en cette région les conditions du milieu, tout en étant favorables à la croissance de l'association végétale propre aux bruyères, favorisent d'ailleurs la « destruction » des végétaux dans une telle mesure qu'aucune accumulation humique n'a le temps de se constituer. Nous n'y relevons que des humates ferreux qui teintent le sol et forment quelquefois des croûtes d'*alios*.

Les conditions idéales pour l'établissement du régime des tourbières sont les suivantes. Il faut une humidité climatérique intense, soit par continuité des pluies, soit par humidité persistante de l'air, soit par irrigation pénétrante et ininterrompue du sol. Toute cette eau contribue d'une part au développement des plantes qui fournissent le plus volontiers de la tourbe, tandis que d'autre part elle alimente cette nappe protectrice à la faveur de laquelle s'opère la macération tourbeuse. Il semble aussi que la lumière tamisée soit plus favorable au phénomène que la lumière solaire directe et intense. On pense assez généralement que c'est la condition dont bénéficiait la terre aux temps carboniférens. Une bonne partie de l'eau actuellement condensée sur notre planète devait encore se trouver dans l'atmosphère. Cette enveloppe nuageuse tempérait l'action directe du soleil et procurait à toute la végétation les avantages des serres où la lumière obscure est d'autant plus agissante qu'elle reste captive. En tous cas MM. Ber-

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — TOURBIÈRE PLATE BOISÉE A ESSENCES VARIÉES.

(Dalle, Hanovre.)

1

2

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — TRANSITION DE LA TOURBIÈRE BOISÉE (1) VERS LA TOURBIÈRE BOMBÉE (2).

(Dalle, Hanovre.)

thelot et G. André (1) ont montré que l'activité directe de la lumière solaire aidait singulièrement la rapide destruction des résidus végétaux. C'est peut-être pour ce motif qu'on signale plus rarement des dépôts humiques de quelque importance dans les régions tropicales qui à d'autres titres sembleraient tout indiquées pour produire en masse des formations de tourbe.

L'ensemble des conditions que nous avons détaillées est bien celui dont jouit la grande plaine morainique qui s'étend vers la mer du Nord et la Baltique. Les relevés récents nous apprennent que les tourbières couvrent en Poméranie 10 p. c. de la surface du sol, 15 p. c. en Hanovre, 30 p. c. en Finlande. Ce sont des conditions analogues qui ont multiplié par centaines, sur les flancs irrigués des Alpes, les centres tourbeux dont le grand mémoire de MM. Früh et Schröter (2) vient de nous révéler l'existence et la vitalité. C'étaient aussi, nous n'hésitons pas à le croire, dans des conditions analogues que devaient se trouver les régions carboniférienne alignées dans les synclinaux le long du plissement hercynien, ainsi que plus tard les régions des lignites éogènes qui s'allongeaient au pied du plissement alpin.

Mais il est temps d'en revenir à la formation de la houille. Nous l'avons dit, avec M. Potonié nous voyons dans *les tourbières plates à essences variées* le type le plus rapproché de ce que devaient être les tourbières carboniférienne. Il s'agit de justifier cette manière de voir.

Et d'abord, parmi les tourbières actuelles ce type-là est le seul qui comporte le développement d'une végétation très variée et dont les individus atteignent la forme arborescente dans toute sa plénitude. Or il ne faut pas s'être occupé

(1) *Sur l'oxydation spontanée de l'acide humique et de la terre végétale.* — COMPTES RENDUS de l'Acad. des Sciences, 1892, t. CXIV, pp. 41 et suiv.

(2) *Die Moore der Schweiz.* — BEITR. ZUR GEOL. DER SCHWEIZ, III Lieferung, 1904.

beaucoup de paléobotanique houillère pour savoir combien la flore de cet âge est mêlée, et combien grands sont les végétaux — même les cryptogames — qu'on y rencontre. Il ne faudrait pas croire cependant que du fait qu'il s'agit d'une végétation à grande allure, la tourbe formée sur place allât accuser dans sa masse la conservation d'organes, voire de plantes entières. L'examen de la tourbe, si autochtone qu'elle soit, montre une désagrégation bien comparable à celle qu'on a relevée jusqu'ici dans la houille. C'est pour croire que la macération tourbeuse désorganise pro-

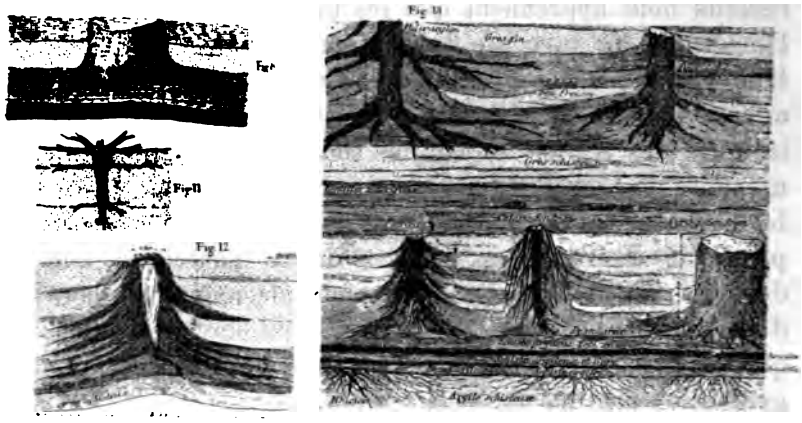


Fig 3. — Croissance étagée de végétaux houillers du bassin St-Étienne d'après M. C. Grand'Eury. *Formation des couches de houille*, Pl. XXVII.

fondément les végétaux les plus puissants. Dans les lignites la désorganisation est tout aussi accusée. Il est exceptionnel de pouvoir reconnaître dans la masse l'organisation d'une partie appréciable de végétal.

Quant au mode de croissance des végétaux de tourbière, il rappelle par bien des traits ce qu'on a observé dans la formation houillère. Ainsi en dessous des lits de tourbe on relève la présence du sédiment qui a donné l'hospitalité à la première végétation (Pl. VII, fig. 2). C'est le « mur » de la couche, son sol végétal où l'on voit le développement des racines *in loco natali*, tel que nous le connaissons aux

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — RACHITISME DES ARBRES ET CROISSANCE EN TOUFFES DES PLANTES BASSES, DANS UNE TOURBIÈRE BOMBÉE.

(Grunewald, Berlin.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — TYPE DE TOURBIÈRE BOMBÉE.

(Triangel, Gifhorn, Hanovre.)

murs de nos houillères. Quant à l'appareil radical lui-même, il a deux caractères spéciaux. Il accuse d'abord la « croissance étagée » telle que, depuis longtemps, M. Grand'Eury l'a décrite pour la région carboniférienne (Fig. 3). Si pour le passé nous ne pouvons guère la montrer d'une façon probante que sur des faits relevés en plein dans les sédiments, ce n'est pas à dire que ces mêmes végétaux croissaient autrement au milieu du marécage tourbeux. Seulement, au sein de la houille et du lignite la désorganisation est trop prononcée, pour que nous puissions nettement surprendre le phénomène, tel qu'on l'atteint partout dans les tourbières actuelles. L'important est d'établir que les espèces houillères avaient l'élasticité voulue pour s'adapter à un milieu enlizant.

Ensuite, pour les grands végétaux, cet appareil radical n'est jamais pivotant — dispositif qui n'assurerait aucune stabilité au milieu d'un marécage — mais au contraire il se développe puissamment en radeau (Pl. VIII, fig. 1) terminé par des racines traçantes, de manière à asseoir solidement le végétal à la surface du marécage, tout en lui assurant le moyen de respirer. Les souches en place, dont on rencontre quelquefois des restes appréciables, aussi bien dans les tourbières que dans les gisements de lignite, ne gênent nullement pour établir un rapprochement de plus avec certains troncs-debout observés dans nos charbonnages. Dans la grande tourbière de Triangel (Hanovre), nous avons eu la bonne fortune de rencontrer une plage où la bruyère et sa tourbe (dernier stade) avaient été consumées par un incendie. La photographie montre (Pl. VIII, fig. 2), sortant du milieu du lit tourbeux sous-jacent, les souches puissantes et serrées de la grande végétation arborescente qui avait couvert de sa luxuriante couronne cette tourbière actuellement désolée, au temps où elle appartenait encore au type des tourbières boisées. Si la formation tourbeuse s'était arrêtée en ce temps-là, et si, au lieu de passer à la bruyère, elle s'était

recouverte d'un manteau de sédiments, nous aurions eu, à n'en pas douter, au « toit » de cette couche de combustible, une légion de troncs-debout autochtones.

Un dernier détail encore justifie le choix que nous avons fait parmi les types de tourbières : c'est que seules les tourbières plates, et surtout les tourbières boisées, permettent l'apport par les eaux courantes d'éléments nourriciers et partant d'éléments minéraux. Or, c'est grâce à ces apports internes, dus aux eaux de circulation, qu'on peut expliquer aisément la formation dans les couches de combustible de ces concrétions minérales dont nous recueillons de nombreux témoins dans la formation houillère, ainsi que nous les rencontrons, en voie de constitution, au sein des tourbes actuelles. On attribue à une loi chimico-physique le fait qui amène au sein d'une masse homogène les principes minéralisateurs libres à se porter de préférence sur et autour de l'objet dont la présence rompt l'homogénéité de l'ensemble. Nous expliquons ainsi que dans un sédiment minéral un principe minéralisateur liquide se porte, pour le pétrifier et l'entourer même de couches concentriques qui en font un nodule, sur un corps organisé — un fossile — gisant dans le sédiment. Ici la distance du sédiment au reste organisé est frappante. Mais il semble que les choses se passent de même lorsque, dans une amas humique qui a subi la macération tourbeuse, il se trouve un élément, végétal aussi, mais qui n'en est pas réduit au même degré de décomposition, qu'il soit resté davantage ligneux ou bien qu'il ait été atteint de pourriture avant son enfouissement. Dans ce cas, le principe minéral liquide, circulant à travers l'ensemble, se portera de préférence pour le minéraliser sur cet organisme-là, qui rompt l'homogénéité de la masse. On expliquerait ainsi les concrétions siliceuses, ferrugineuses ou calcaires qui se trouvent fréquemment au sein des couches du houiller, et qui nous montrent souvent des végétaux à structure pétrifiée, dont la conservation a

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — MARES ASEPTIQUES DANS UNE TOURBIÈRE BOMBÉE.
(Kehdinger-Moor, Stade, Hamburg.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — BRUYÈRE AVEC GENÉVRIERS.
(Unterloh, Landes de Lüneburg.)

conduit aux récents et sensationnels progrès de la paléobotanique.

Il convient aussi de mettre en lumière le parti que la théorie doit tirer de l'extension des tourbières. Tout le monde connaît les surfaces énormes que couvrent sur le monde les formations houillères. A ne prendre que le grand bassin westphalien, qui s'étend d'Allemagne en Angleterre en passant largement par la Belgique et la France, on saisira aisément que le point de comparaison qu'on lui cherche dans la nature actuelle doit aussi être susceptible d'un grand développement superficiel. Remarque qui ne sera qu'accentuée, si l'on songe que les limites originelles de sa largeur (N.-S.) étaient loin de coïncider avec celles que lui assignent nos cartes géologiques : les plissements et les érosions les ont notablement réduites. Comment donc imaginer une même formation lagunaire — car cet immense bassin est nettement un et homogène — comment imaginer une même lagune s'étendant obliquement à travers 10 degrés de longitude, dont on ne connaît que vaguement l'aboutissant marin et plus vaguement encore l'aboutissant continental, avec son puissant régime fluvial? Ajoutons — tout, jusqu'à la structure intime des plantes, nous l'impose — que la végétation houillère était marécageuse et qu'il faudrait, pour rester fidèle à vaste l'idée de transport, amener les résidus humiques d'une surface continentale déjà assez basse, vers l'énorme lagune plus basse encore.

Ce que nous venons de dire du bassin westphalien, nous pourrions le répéter dans une certaine mesure de la plupart des bassins houillers. Nous verrions ainsi la terre ferme prendre à ces époques un développement qui serait plutôt inquiétant pour les océans. Il faudrait admettre en outre que tous ces systèmes lagunaires ont été proprement respectés par les vicissitudes subséquentes de la surface terrestre, tandis que l'appareil côtier comme

l'appareil fluvial auraient toujours été impitoyablement détruits. Ce serait demander beaucoup de bonne volonté.

Mais il en va tout autrement si nous en appelons à la formation sur place, aux tourbières. Il n'est plus nécessaire alors d'imaginer ces terres si étendues pour loger l'intense végétation carboniférienne, qui devrait être plus intense qu'on ne le pense, vu que le charriage en aurait nécessairement réduit d'une façon notable les résidus. Il ne faut plus chercher la place où tracer l'imposant réseau hydrographique, chargé de laver le continent, d'amener et d'étendre sur la plaine maritime la délicate « bouillie végétale », soigneusement triée. Il ne faut pas davantage ménager les contacts nécessaires entre la lagune et la mer. Il suffira d'une terre basse — que ce soit la dépression d'un synclinal, ou l'évasement d'une vallée — où l'irrigation intense et continue satisfasse aux exigences des végétations tourbeuses et dont la topographie permette à la mer voisine de la visiter en quelques points de son étendue, soit par de passagères incursions, soit par l'établissement d'un régime saumâtre plus ou moins franc. Grâce à la persistance de pareilles conditions du milieu, l'amas tourbeux pourra atteindre des proportions appréciables, et, au temps de la sédimentation minérale, rien n'empêchera — au moins dans notre bassin westphalien — ces lentes opérations dont témoignent tant de preuves et en particulier les humbles *Spirorbes* (1) enroulés sur de si nombreux fossiles houillers.

(1) CH. BARROIS, *Sur les Spirorbes du terrain houiller de Bruay (Pas-de-Calais).* — ANN. DE LA SOC. GÉOL. DU NORD, 1904, t. XXXIII, pp. 50 et suiv.

A. MALAQUIN, *Le Spirorbis pusillus du terrain houiller de Bruay, la formation du tube et leur adaptation en eau douce à l'époque houillère.* — *Ibid.*, pp. 65 et suiv., pl. II.

Il ne faut pas se le dissimuler, les Spirorbes tant de fois observés et qui viennent de faire l'objet de la belle étude renseignée ci-dessus, ces Spirorbes s'observent sur les fossiles recueillis dans la *stampe*, ils sont donc certainement allochtones. Il serait difficile d'attribuer les empreintes si nombreuses des sédiments aux *seules* souches qu'on y trouve parfois enracinées;

3
2
1

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — TOURBIÈRE EN EXPLOITATION MONTRANT LA SUPERPOSITION DES TOURBES : 1. Tourbe de roselière. — 2. Tourbe de forêt. — 3. Tourbe de bruyère.

(Triangel, Hanovre.)

3
2
1

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — MUR DE TOURBIÈRE.

1. Sédiment. — 2. Mur. — 3. Tourbe de roselière.

(Teltowcanal, Gross-Lichterfelde.)

Quant à la surface, peu importe. Rien ne limite l'extension possible d'une tourbière et surtout d'un ensemble de tourbières, tant que perdurent les conditions favorables à leur naturel développement.

Nous savons parfaitement qu'il y a une grande difficulté à expliquer la superposition de nombreuses couches de combustible, comme nous la voyons dans nos bassins houillers belges. Il faut, sur toute la surface du bassin, ramener le niveau terrestre à l'altitude qu'exige la vie des plantes, autant de fois qu'on compte de lits charbonneux, et cela après autant de périodes où la sédimentation y aura déposé les roches intercalaires (stampe). C'est un grave problème. Mais, est-il moins grave dans l'autre théorie ? Ne faut-il pas aussi des conditions hypsométriques bien définies pour provoquer un charriage ? Ne faudra-t-il pas même faire varier à la fois, dans une situation réciproque bien déterminée, et le niveau de la lagune et celui des terres où prospèrent les forêts ? La formation par transport ne fait donc que déplacer la difficulté, si elle ne l'augmente pas. M. Douvillé, le savant professeur de l'École des Mines de Paris, nous disait dernièrement que ses études sur les Pyrénées l'avaient conduit à démontrer que durant toute la surrection de ce système montagneux, les flancs avaient subi des oscillations continuelles et fort appréciables. Son mémoire va prochainement nous édifier à ce sujet. La lumière ne viendrait-elle pas de là ? Maintenant que nous admettons, que nous touchons du doigt — on peut le dire — la survivance des mouvements tectoniques les plus anciens, verrons-nous une impossibilité à croire que, lorsque la croûte terrestre était en travail de ces énormes chaînes

la plupart doivent appartenir aux stations échelonnées le long de la zone tourbeuse. Jusqu'ici donc les Spirorbes n'indiquent rien pour les lits charbonneux eux-mêmes.

L'évidence de l'allochtonie des empreintes nous a conduit d'ailleurs à ne tenir aucun compte, dans notre théorie, de la parfaite conservation « à la façon des plantes d'herbier » des végétaux délicats étalés entre les strates houillers.

de montagnes, les flancs de ces plissements et jusqu'à leur voisinage aient subi comme une répercussion de ces ridements gigantesques en les suivant de loin dans un mouvement oscillatoire plusieurs fois répété ? Cela nous sourit fort; d'autant plus que le grand bassin westphalien se constituait tout juste dans un vaste synclinal courant au pied nord de la chaîne hercynienne, alors en plein mouvement de surrection. L'intermittence du mouvement oscillatoire par lequel cette dépression suivait ainsi l'ascension du système montagneux, l'aurait mise en situation, tantôt de recevoir des sédiments, tantôt de permettre à sa surface le développement de la vie. A cette fin, pas n'est besoin d'imaginer que ce mouvement se produisait de l'est à l'ouest avec un synchronisme et un ensemble absolus. Il suffit qu'au total chaque point ait été soumis à des variations d'amplitude sensiblement égales. Ceci justifierait la grande similitude et le caractère d'homogénéité qu'accusent les diverses régions d'un même bassin, tandis que l'asynchronisme relatif expliquerait les discontinuités latérales mises en une lumière si frappante par l'enchevêtrement lenticulaire que montrent les sédiments et les couches de combustible.

Notre conclusion se dégage de plus en plus : l'horizon houiller est constitué par des roches allochtones et par des lits charbonneux autochtones. Le mur n'est pas un sédiment spécial, c'est une simple modification amenée dans le sédiment par suite de l'établissement d'une végétation. Est-ce à dire que nous excluions tout phénomène de transport, une fois que nous nous trouvons en face d'un gisement humique ? Ce serait une absurdité criante. La nature n'agit point d'après des lois aussi simples : sa fécondité se manifeste par la complexité harmonieuse de ses opérations. Si nous en venons à croire que, en général, toute formation humique est autochtone, nous ne prétendons point qu'il ne puisse s'y rencontrer, à titre d'épisodes, des cas de transport ; comme, d'ailleurs, rien n'établit

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — SOUCHE DRESSÉE MONTRANT LE DÉVELOPPEMENT EN RADEAU DES RACINES DES GRANDS ARBRES.

(Tourbière de Triangel.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — SOUCHES EN PLACE DE LA TOURBIÈRE BOISÉE, MISES A NU PAR L'INCENDIE DE LA BRUYÈRE ET DE SA TOURBE.

(Triangel, Hanovre.)

à priori que certains gisements ne pourraient être dus uniquement à un phénomène d'allochtonie.

Par exemple, personne ne mettra en doute que les gisements de dopplérite, d'alios humique, etc., ne soient dus à une formation par transport ; pas plus qu'il ne viendra à l'idée de personne de comparer ces formations si peu importantes aux couches de charbon que renferment nos bassins houillers.

Pour peu qu'on observe les surfaces des roches accumulées sur les terris des charbonnages, on y voit souvent des brins de végétaux sensiblement de même grandeur et souvent orientés dans une même direction. C'est le « Häcksel » (paille hachée) des Allemands. Rien d'étonnant dans ce phénomène, puisqu'il s'observe au sein même des sédiments. Il indique qu'une eau courante a charrié des débris de végétaux frais, qu'elle les a classés et entraînés au gré de son cours, dans le sens que réclame la pesanteur. Mais ce phénomène a son pendant dans l'intérieur même des tourbières actuelles, des gisements de lignite et, sans doute, des gisements houillers. On voit, en effet, s'isoler certaines fois, au milieu même de la tourbe compacte, un paquet de tourbe boulante (Schlämmtorf) : ce n'est autre chose que de la tourbe « remaniée » par une eau courante et rejetée plus loin dans cet état désagrégé. M. Potonié explique de la même façon la présence du lignite boulant (Rieselkohle), si bien connu du mineur rhénan. Et nous nous demandons si une action analogue ne pourrait expliquer l'accident d'une houille qui ruisselle sous le pic de l'ouvrier, alors que le reste de la veine se débite en gros morceaux.

Il y a aussi les troncs-debout dont certains spécimens semblent, par leurs conditions de gisement, présenter plutôt un phénomène allochtone. Ils se trouvent en plein sédiment sans racines, parfois en situation peu naturelle, et accusant par le relèvement du sédiment qui les encaisse la preuve qu'ils furent comme ensablés. Qu'est-ce qui

nous empêche d'admettre que des troncs d'arbres aient été charriés de la même façon que la roche qui les moule? Nous devons avouer que nous n'attachons même plus à certains caractères la portée que nous leur donnions autrefois. Il ne faut pas oublier, en effet, que notre bassin houiller — nous ne parlons pas de celui de la Campine — a été intimement bouleversé par de multiples plissements. Ceux-ci ont fait jouer, si peu que ce soit, les strates les uns par rapport aux autres. Ainsi nous avons relevé aux charbonnages de l'Ouest-de-Mons un tronc d'arbre qui, dans un anticlinal aigu, se trouvait débité en autant de tronçons qu'il traversait de strates et ces tronçons n'étaient plus restés, de par le plissement, dans leur superposition naturelle ; pour certains le rejet était de l'importance du diamètre de la tige. Pareils faits nous amènent à douter de la signification que nous avons attribuée autrefois à des empreintes horizontales qui s'étalaient sous la base des troncs-debout du Bois d'Avroy (1). Nous étions en « dressant ». L'acuité du plissement aurait très bien pu déplacer les strates contigus de manière à glisser la base du tronc par dessus l'empreinte voisine : la superposition nous aurait trompé. D'ailleurs, plus on examine les souches qu'on trouve au voisinage d'une veine, plus on est porté à y voir des survivants de la végétation autochtone.

Il y a encore le fait des « cailloux roulés », fait auquel nous avons contribué à donner nous-même une grande signification. Pour être sincère, nous ne pouvons point dire que la question nous semble résolue. Les cailloux restent des témoins éminemment allochtones et dont la fréquence relative ne laisse pas d'être troublante. Seulement il est certain que ces cailloux se présentent d'une façon trop accidentelle, trop sporadique pour emporter la conviction. Ils se trouvent disséminés à travers l'horizon houiller sans

(1) *Un banc à troncs-debout aux charbonnages du Grand-Bac* (Sclessin-Liége). — BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1896, 3e s., t. XXXI, pp. 260-266, pl. I.

égard ni à leur masse, ni à leur nature. L'eau courante n'aurait-elle pas dû les classer par ordre de densité et en semer même de temps en temps des traînées? Cela imposerait avec plus d'évidence l'idée de transport.

Proposons deux explications qui pourraient, dans une certaine mesure, satisfaire aux exigences du phénomène observé. D'abord, rien ne nous empêche de supposer que de temps à autre les cours d'eau — comme la Sprée qui traverse le Spréewald (tourbière d'aulnes) — n'aient déraciné quelques grands végétaux tenant des cailloux empêtrés dans leurs racines et qu'ainsi, portés par ces radeaux, les cailloux ne se soient échoués au sein de la tourbière. Ensuite, pour peu que la tourbière ait été proche du rivage de la mer — comme celles de la Prusse Orientale ou de l'île de Sylt — les fortes marées auraient pu rejeter à certains moments des galets en pleine formation autochtone. Nous avons observé la chose au lendemain d'une tempête sur les rivages d'Helgoland. A cet endroit, le fond de la mer est tout couvert de galets ; de grandes laminaires s'y attachent et, lorsque la tempête remue les eaux, elle rejette sur la côte des galets sur lesquels l'eau n'aurait pas eu de prise si la surface de ces grandes algues ne lui avait prêté son concours. Les galets parviennent ainsi sur un rivage sans qu'on puisse après un certain temps s'en expliquer la présence, car le tissu de l'algue se détruit bien vite et laisse la pierre sans moyen de justification devant l'observateur étonné.

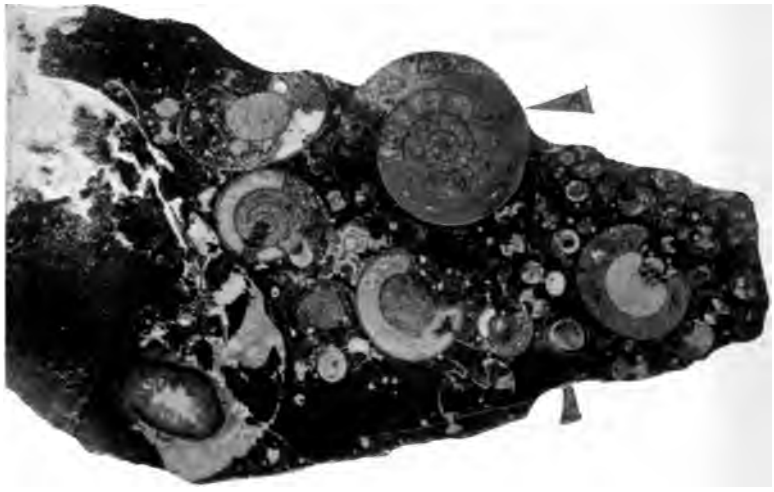
Un nouveau fait, plus frappant encore, vient d'émouvoir les savants. Dans les *coal balls* du Yorkshire, M. Lomax à rencontré des masses de Goniatites intimement mêlées aux débris de végétaux humifiés (Pl. IX) dont ces nodules carbonatés ont préservé en partie la structure intime (1). Voilà bien la mer : car il semble qu'on ne puisse pas attribuer à ces céphalopodes d'autre habitat que la

(1) Henri Douvillé, *Les « coal balls » du Yorkshire.* — BULL. DE LA SOC. GÉOLOGIQUE DE FRANCE, 1905, 4e série, t. V, pp. 154 et suiv., pl. VI.

haute mer. Comment se trouvent-ils en masses si compactes, comptant des individus de tout âge, au milieu de cette végétation continentale que nous croyons autochtone ? Le problème est ardu. Nous pouvons même en accentuer la portée en rapprochant de ce fait la présence si fréquente de *Goniatites*, de *Productus*, et d'autres animaux marins, à plusieurs niveaux de la plupart des formations houillères, de la nôtre en particulier (1). Nous avons l'unique ressource de supposer que la mer n'était pas fort éloignée de la région tourbeuse, pas assez du moins pour lui défendre des incursions répétées. La chose ne répugne point, c'est tout ce qu'on peut dire. On voit par ceci que nous ne tentons pas d'atténuer les difficultés au profit de notre cause ; nous avouons même que c'est une objection à laquelle nous ne voyons pas de réponse péremptoire. Seulement nous ne voyons pas davantage comment il serait plus facile d'interpréter le phénomène dans l'hypothèse de la formation par transport. D'autant plus que, d'un caractère très localisé, le fait de la présence de ces coquilles marines ne pourrait pas à lui seul infirmer le fait du « mur » géologique des couches de houille, qui, lui, s'affirme avec une persistance et une continuité frappantes à travers toute l'épaisseur et toute l'étendue de la formation houillère.

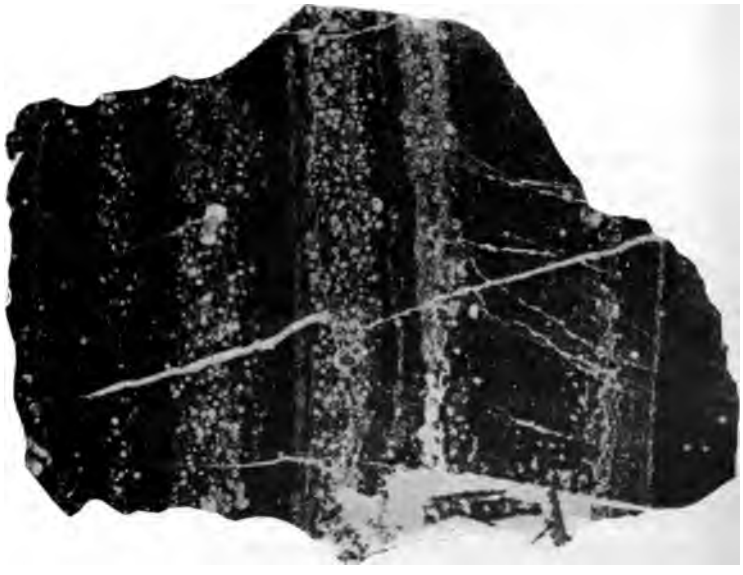
L'ensemble de ces considérations nous amène donc à abandonner nos idées d'autrefois et à croire que les accumulations de combustible, et particulièrement celles de notre grand bassin westphalien, se sont formées sur place, grâce à des végétations analogues à celles des vastes tourbières boisées. Si le transport a aussi concouru à la formation de ces gisements, ce n'est que localement et comme par épisode. Évidemment nous n'avons pas la hardiesse

(1) Voir, entre autres, P. Fourmarier : *Esquisse paléontologique du bassin houiller de Liége.* — Congrès international... de géologie appliquée, Liége, 1905; et du même : *Note sur la zone inférieure du terrain houiller de Liége.* — ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1905-06, t. XXXIII, pp. M 17 et suiv.



Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — *Coal-ball* DU YORKSHIRE AVEC *Goniatites* NOYÉES DANS LE MAGMA HUMIQUE.



Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — *Goniatites* JEUNES RÉPARTIES PAR COUCHES RÉGULIÈRES DANS L'AMAS HUMIQUE.

Les préparations appartiennent à l'École supérieure nationale des Mines de Paris ; M. Douvillé nous les a obligeamment prêtées.

de vouloir présenter cette théorie comme absolument définitive, mais les faits nous obligent à la croire mieux fondée, et en science nous ne devons avoir cure d'autre chose : le progrès vers la vérité.

Ajoutons aussi qu'en géologie nous nous sentons porté de préférence vers l'application large du principe des causes actuelles. La nature est une, les principes de son activité ont toujours été les mêmes ; ce qui a varié, c'est bien plus la modalité que le fond des choses. Et si nous étions conduit par là à allonger, à multiplier un peu les siècles, qu'importe ? Les données chronologiques sont si incertaines dans l'espèce, que nous n'avons point à nous en mettre en peine. Nous pouvons marcher, tant que nous restons dans les limites que les faits imposent. La crainte d'allonger l'histoire géologique du globe est la dernière objection à opposer à une hypothèse rationnelle.

Pour finir, nous abandonnons aux réflexions du lecteur une vue téléologique qui nous a plusieurs fois hanté au cours de nos récents voyages. Dans la nature, les tourbières jouent, vis-à-vis des terres basses et marécageuses, le rôle que les coraux tiennent, dans les mers chaudes, à l'endroit des hauts-fonds. Ce ne sont d'ailleurs que deux épisodes de l'histoire géologique de la croûte terrestre. Elle se résume en quelque sorte dans le titanesque combat que se sont livré à travers les âges l'élément marin et l'élément continental. Celui-ci a triomphé de celui-là. Il a commencé à poindre en archipel à la surface des eaux, il s'est solidarisé petit à petit en se groupant, il a assuré ses conquêtes successives par l'ossature des chaînes de montagne, et voilà qu'il se trouve actuellement constitué en plusieurs masses importantes lui assurant un définitif triomphe. Le temps des violences semble passé ou au moins suspendu ; mais la lutte continue, lente et sourde, en divers points du globe. Ici l'élément marin a quelques avantages, là la terre prend les siens. Parmi les avantages de l'élément solide il convient de signaler les

tourbières et les atolls, produits les uns par l'activité animale, les autres par celle des végétaux. Dans les mers tropicales s'élèvent des récifs dus à la vie corallienne ; lentement les animalcules multiplient leurs colonies et construisent de gigantesques édifices capables de braver les flots. Ils forment ainsi un système insulaire dont les chaînons, se rejoignant toujours davantage, fournissent un abri à l'accumulation des sédiments et tendent vers la constitution d'une terre ferme nouvelle aux dépens de la mer. Sur la terre l'eau a gardé certains domaines marécageux, surfaces incertaines qui pourraient retourner aisément au régime marin ; il s'agit d'en assurer la conquête au continent. C'est ici la végétation tourbeuse qui s'en charge. Nous l'avons vu, les végétaux aquatiques se multiplient rapidement, la végétation riveraine enserre la surface liquide, la pénètre, y introduit le régime forestier, qui, lui, prend définitivement possession du terrain, s'y établit en maître et conquiert la surface entière au régime continental. C'est ainsi que l'activité biologique qui travaille d'une part à préparer l'érosion, l'abaissement des hautes cimes, s'applique d'autre part à combler les faibles dépressions terrestres ou marines pour faire tendre tout vers la stabilité désertique de la plaine — vers la mort.

G. Schmitz, S. J.

LES OBSERVATOIRES

DE

LA COMPAGNIE DE JÉSUS

AU DÉBUT DU XXe SIÈCLE (1)

OBSERVATOIRES DE ZI-KA-WEI ET ZO-SÉ (2).

I

HISTORIQUE

Fondation. — En 1845, le R. P. Gotteland, qui venait d'être nommé Supérieur de la nouvelle mission du Kiang-nan, confiée par la Propagande à la Compagnie de Jésus, énumérait dans une lettre diverses fondations qu'il avait dessein de créer : « Et, ajoutait-il, auprès de ces grands établissements, je voudrais un petit observatoire... »

Le désir du Père Gotteland ne se réalisa que vingt-sept ans plus tard, mais il fut largement comblé.

En décembre 1872, le Père Colombel commençait, bien modestement, quelques observations météorologiques.

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1906, p. 10.

(2) Observatoire de Zi-ka-wei, Changhaï (Chine). — Observatoire de Zo-sé, Changhaï (Chine).

L'année suivante, on contruisait un observatoire (Fig. 21) dans un jardin que possédaient les Pères, au sud de leur résidence et de leur collège de Zi-ka-wei, à huit kilomètres au sud-ouest de Changhaï. Le bâtiment se composait d'un rez-de-chaussée formé de cinq pièces et d'un petit étage surmontant la pièce du milieu et terminé par une

Fig. 21. — Ancien Observatoire de Zi-ka-wei.

plateforme. Les instruments météorologiques ordinaires y étaient installés.

Dès 1874, le nouveau venu prenait une certaine extension, s'enrichissait d'un météorographe Secchi, d'un déclinomètre et d'un cercle d'inclinaison de Barrow. Enregistrant sur une même feuille les courbes correspondant aux variations de pression, de température, d'état hygrométrique, de force et de direction du vent, avec l'heure

même et la durée des chutes de pluie, le météorographe offrait le double avantage de centraliser les observations, tout en permettant de placer chaque appareil dans le lieu le plus avantageux.

En septembre 1874, on inaugurait des observations météorologiques suivies, faites de trois en trois heures, de 4 heures du matin à 10 heures du soir, d'après la méthode de l'Observatoire de Montsouris. Le Père Le Lec en était chargé. A peu près à la même époque, le Père Marc Dechevrens commençait, dans une cabane de bois construite *ad hoc*, une série de mesures magnétiques absolues, d'après les instructions du général Sabine, directeur du *Magnetic Survey* de Londres.

En 1875, le Père Le Lec succédait au Père Colombel dans la charge de directeur. Les moyennes météorologiques paraissaient dans le Bulletin de la Société Asiatique de Changhaï et se publiaient également dans un journal quotidien.

En 1876, le Père Marc Dechevrens remplaçait le Père Le Lec comme directeur ; il devait occuper ce poste pendant onze ans et donner à l'Observatoire, par ses importants travaux, un haut renom scientifique. Cette même année, paraissait un Bulletin de 250 pages, donnant la série des observations météorologiques et magnétiques faites à Zi-ka-wei. L'année suivante, dans le tome XXIV de l'ANNUAIRE DE LA SOCIÉTÉ MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE, le Père publiait des *Recherches sur les principaux phénomènes observés à Zi-ka-wei*. Dès lors, les mémoires sortis de sa plume se succèdent presque sans interruption, et vingt et un trouvent à se classer de 1787 à 1887, dont quelques-uns très importants et fort appréciés.

En 1877, on installait dans un pavillon magnétique un magnétographe d'Adie, à enregistrement photographique, donnant les éléments magnétiques terrestres : déclinaison, inclinaison et intensité. Il a, depuis lors, poursuivi régulièrement sa tâche délicate.

Mais déjà l'attention du Père Dechevrens était concentrée presque tout entière sur l'étude des vents et des typhons. On sait combien sont dangereux, dans les mers de Chine et dans l'Océan Pacifique, ces vastes mouvements giratoires autour d'un axe animé lui-même d'un mouvement de translation considérable. Sur terre, au passage des typhons, souvent tout est dévasté, soit à cause de la bourrasque, soit à cause des terribles raz-de-marée dont ils s'accompagnent ; sur mer, les navires, si nombreux dans ces parages, n'ont pas de pires ennemis. A mesure que s'ouvraient au commerce les ports de Chine, du Japon et des îles, on sentait de plus en plus la nécessité d'organiser un service d'annonces, qui pût permettre aux Compagnies de ne faire naviguer leurs bâtiments qu'en toute sécurité. Mais, pour prédire les typhons, il les fallait d'abord étudier : de plusieurs côtés on se mit à l'œuvre.

On peut voir, dans la Notice sur l'Observatoire de Manille, que, dès 1879, le Père Faura, fondateur de cet Observatoire, annonçait, plusieurs jours d'avance, le grand typhon du mois de juillet. Peu après, ce même typhon faisait, de la part du Père Dechevrens, l'objet d'un travail très complet, discuté à l'Académie des Sciences de Paris, dans la séance du 12 janvier 1880, et sur lequel les COMPTES RENDUS contiennent une note de M. Faye. Fondé sur les observations barométriques comparées de Zi-ka-wei et de Kobé (côte méridionale du Japon), le Père Dechevrens évaluait la vitesse de translation des typhons et faisait remarquer la constance de leur trajectoire. En 1880, un câble reliait Manille à Hong-kong, et, dès lors, l'Observatoire des Philippines envoyait au grand port des dépêches quotidiennes. Mais il y avait plus à faire, et, dès 1882, dans un article inséré par le HONG-KONG DAILY PRESS, le Père Dechevrens développait le projet d'un vaste service d'informations météorologiques, reliant entre eux tous les ports de la côte de Chine, et les unissant aux Observatoires de Zi-ka-wei et de Manille, alors seuls en

fonction dans ces parages. Malgré quelques difficultés, l'idée fit son chemin et le service d'informations est aujourd'hui l'un des principaux de l'Observatoire de Zi-ka-wei.

De 1879 à 1885, le Père Dechevrens n'a pas publié moins de soixante-deux monographies de typhons distincts : l'ensemble forme un volume in-4° de 377 pages avec 43 planches donnant les trajectoires de ces typhons.

Après les typhons, les vents sollicitèrent l'attention du Père Dechevrens ; leur étude, du reste, éclaircissait bien des points de la précédente série de phénomènes. Afin d'en mieux pénétrer le détail, il fit construire, en 1884, dans le jardin de l'Observatoire, une tour en bois de quarante et un mètres de hauteur, destinée à supporter des anémomètres. Jusqu'alors on n'avait fait usage que d'un moulinet Robinson, placé sur la plateforme de l'Observatoire, à douze mètres du sol. On installa au sommet de la tour un anémomètre Beckley. En 1886, le Beckley était remplacé par un clino-anémomètre, de l'invention du Père Dechevrens, destiné à donner l'inclinaison des courants aériens. Une observation suivie des mouvements des cirrus donnait en même temps de précieuses indications sur les mouvements de la haute atmosphère.

A la fin de 1887, le Père Dechevrens rentrait en Europe pour raison de santé ; nous le retrouverons directeur de l'Observatoire St-Louis, dans l'Ile de Jersey. Ses travaux sur les typhons, les courants atmosphériques, la lumière zodiacale, la bonne direction qu'il avait imprimée à l'Observatoire de Zi-ka-wei, l'avaient déjà fait avantageusement connaître. En février 1887, il avait eu l'honneur d'être choisi par le Pape Léon XIII, comme l'un des dix membres étrangers associés, cette année-là, aux Académiciens pontificaux des *Nuovi Lincei*.

Le Père Bernard Oorus, Hollandais, remplaça quelques mois le Père Dechevrens, et, en août 1888, le Père Stanislas Chevalier prenait la direction de l'Observatoire. Sous lui, les travaux entrepris se poursuivirent régulière-

ment; les typhons, la météorologie de l'Est-Asie lui fournirent le sujet d'intéressants mémoires. Dès lors aussi, la cartographie chinoise lui prit une part de son temps; nous verrons plus loin avec quels heureux résultats.

Translation. — Les dernières années de la direction du Père Chevalier furent marquées par d'importants événements. En 1893, on fut obligé d'abattre la tour de bois des anémomètres. A la fin de 1895, les autorités chinoises entreprirent le curage périodique des canaux de la plaine de Changhaï. L'Observatoire, situé entre un canal de communication, à l'est, et un ancien arroyo, à l'ouest, eut à souffrir de l'un et de l'autre. Du côté du canal, creusé trop à pic, des éboulements se produisirent; du côté de l'arroyo, où l'on avait accumulé les terres de déblais, des tassements peu rassurants. Il fallait, de toute nécessité, se transporter sur un nouveau terrain. Les développements successifs des services météorologiques rendaient du reste les locaux primitifs bien insuffisants, et des agrandissements s'imposaient.

Sur ces entrefaites, en décembre 1896, le Père Louis Froc succédait au Père Chevalier. En 1897, le transfert de l'Observatoire fut décidé.

Pour trouver un emplacement, il suffit de franchir l'arroyo de l'ouest; là, un espace suffisamment vaste et un sol compact offraient les conditions désirables. Tandis que les instruments continuaient à fonctionner dans les anciens locaux, les constructions furent poussées activement, durant les années 1899 et 1900. Du 1er janvier 1901 datent les valeurs inscrites au premier Bulletin du nouvel Observatoire.

On profita de ce transfert pour donner aux observations météorologiques et magnétiques de Zi-ka-wei leur naturel complément, les observations astronomiques. Dès 1895, le Père Chevalier avait demandé aux deux administrations municipales de Changhaï, française et internationale, de

l'aider pour l'achat d'une lunette équatoriale. Ces administrations, avec le concours des principales sociétés maritimes, lui accordèrent 30 000 francs. Cette somme contribua à l'achat d'un équatorial jumelé de Gautier, d'environ 100 000 francs. L'instrument et une coupole destinée à l'abriter, furent apportés d'Europe en 1898 et mis en place par le Père Robert de Beaurepaire, sur la colline de Zo-sé, à 25 kilomètres au sud-ouest de Zi-ka-wei. Depuis 1901, le Père Stanislas Chevalier est le directeur de l'Observatoire astronomique de Zo-sé.

Entre temps, sur la demande de M. Doumer, gouverneur général de l'Indo-Chine française, depuis président de la Chambre, le Père Froc faisait deux voyages au Tonkin pour étudier la création, dans cette colonie, d'un observatoire central et de stations rattachées. Sa mission donnait aux intéressés entière satisfaction. Entre ces deux voyages, il en faisait un troisième au Japon, pour accompagner le directeur nommé du Central d'Indo-Chine, et étudier avec lui, par ordre du gouvernement, l'organisation météorologique de ce pays.

Le Père Louis Froc est, à l'heure qu'il est, aidé dans sa lourde tâche de directeur par le Père Joseph de Moidrey.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et Instruments. — L'Observatoire actuel de Zi-ka-wei se trouve à une distance d'une soixantaine de mètres de l'ancien, dans un enclos assez vaste. Il comprend deux bâtiments principaux (Fig. 22).

Au centre s'élève une grande et belle construction en briques, orientée est-ouest suivant son grand axe, et mesurant cinquante mètres de longueur. Elle est formée d'un corps central et de deux ailes faisant une égale saillie

sur les deux façades. Au centre de la façade nord, est accolée une tour de trente-trois mètres de hauteur. Le bâtiment a un sous-sol, un rez-de-chaussée et un étage ; il est couronné par un toit entouré d'une balustrade. La terrasse qui termine la tour est surmontée des anémomètres. A l'est, en rez-de-chaussée, une salle méridienne de six mètres sur quatre s'appuie sur l'aile qui se trouve de ce côté. Le style roman donne à l'ensemble un cachet de calme et de sérieux tout à fait de circonstance.

Fig. 22. — Zi-ka-wei. Observatoire actuel.

Au sud du bâtiment que nous venons de décrire, à trente-cinq mètres environ de distance, se trouve le pavillon magnétique. Construction très simple de treize mètres sur quinze, elle est prolongée à l'ouest par un vestibule, à l'est, par une salle destinée aux mesures d'inclinaison. Les murs extérieurs sont en granite de Sou-tchéou, soigneusement vérifié au déclinomètre. Une salle intérieure renferme le magnétographe d'Adie, une seconde les différentes boussoles à lecture directe.

Plus au sud encore, à cent quatre mètres de l'Observatoire proprement dit, est construite une cabane protégeant le pilier qui sert aux mesures de déclinaison et de composante horizontale.

Près du pavillon magnétique, une petite coupole en bois doublé de zinc, construite sur place, abrite un équatorial.

Enfin, des mires pour les visées, des poteaux pour les actinomètres et le néphoscope, un abri du type classique sont répartis dans le jardin de l'Observatoire, aux endroits les plus favorables.

La pression atmosphérique est lue sur deux baromètres-étalons, l'un d'Adie (système Fortin), l'autre de Tonnelot. Les interpolations peuvent être faites d'après les courbes enregistrées par deux météorographes Secchi que possède l'Observatoire. L'un d'eux est un précieux souvenir du savant et illustre directeur de l'Observatoire du Collège romain. C'est en effet l'instrument même qui, présenté par le père Secchi, en 1867, à l'Exposition de Paris, fut honoré d'un grand prix, et valut à son auteur la Croix de la Légion d'honneur, décernée par Napoléon III. En quittant la France, le Père avait laissé son instrument au Collège Ste-Geneviève de Paris (rue des Postes), qui le légua à Zi-ka-wei en 1881. Le second météorographe, construit, comme le précédent, par Brassart, de Rome, a été modifié en 1903, et consacré à un enregistrement plus ample et plus détaillé des valeurs de la pression.

L'Observatoire possède également plusieurs barographes Richard. Une vingtaine de ces barographes sont prêtés à des observateurs, en majorité à des navigateurs, qui, en échange, font des séries d'observations continues et envoient les diagrammes à Zi-ka-wei. Citons les paquebots des *Messageries Maritimes*, entre Saïgon et Yoko-

hama, la ligne Canadienne des *Empress*, entre Vancouver et Hong-kong, etc.

L'anémomètre que supporte la tour est du type Beckley, construit à Londres par Munro. La vitesse est mesurée au moulinet Robinson ; la direction s'obtient par la rotation d'un plateau horizontal supportant deux moulinets verticaux à ailettes inclinées à 45°. L'enregistrement se fait mécaniquement au pied de l'appareil, et électriquement sur le tableau du météorographe Secchi.

L'enregistreur magnétique, par Adie, est du modèle connu de Kew. Déclinomètre, balance et bifilaire sont installés sur des piliers monolithes en granite de Soutchéou, sans aucune action magnétique. Le déclinomètre à lecture directe dont il est fait usage, est du type de Kew, construit par Elliott. Les boussoles à lecture directe, à peu près du modèle de Kew, ont été construites dans l'atelier même de l'Observatoire.

Sous la coupole dont nous avons parlé, un équatorial de Billant, monté suivant la méthode adoptée pour les équatoriaux jumelés servant à dresser la carte du ciel, permet d'observer et de photographier la surface solaire. Les objectifs, construits par Dom Sieffert, Bénédictin, ont 108 millimètres d'ouverture ; celui de l'observation directe a 140 centimètres de distance focale, celui de la photographie 130 ; la monture a été exécutée sur place.

La salle méridienne renferme un cercle méridien de Stackpole, de New-York. L'objectif a 55 millimètres d'ouverture. Dans la même salle sont fixées deux horloges Fénon.

Signalons encore un grand chronomètre de Müller, un autre de Carter, un chronomètre sidéral de Frodsham ; puis un *aba* de Brünner, un céraunographe, destiné à signaler l'existence d'éclairs lointains (1), et d'autres instruments secondaires.

(1) Voir la notice sur l'Observatoire de Kalocsa.

Fig. 23. — Observatoire de Zo-sé.

Fig. 24. — Le sémaphore du Quai de France, a Changhaï.

Fig. 25. — Le mât des signaux de Ou-song
répétant les signaux envoyés par l'Observatoire de Zi-ka-wei.

Enfin un service sismique, installé en janvier 1904, comprend deux sismographes à pendules horizontaux, du système du Professeur F. Omari, l'un pour la composante E-W, l'autre pour la composante N-S. Ce dernier est un don du gouvernement japonais, offert en souvenir du séjour à Zi-ka-wei d'une commission géodésique, voyageant pour l'étude de l'intensité de la pesanteur et pour des observations magnétiques comparées.

L'Observatoire astronomique de Zo-sé est situé sur une colline boisée, à quatre-vingt quinze mètres d'altitude. Il se compose de trois corps de bâtiments (Pl. X, fig. 23). Au centre, une coupole de dix mètres de diamètre, construite par M. Gillon, abrite un équatorial à deux lunettes jumelées, construit par Gautier, de Paris, sur le modèle de ceux qui servent aux observations internationales pour la carte du ciel. Chaque objectif a 40 centimètres d'ouverture ; la distance focale de l'objectif photographique est de $6^{m},87$; sur la plaque, un espace de deux millimètres correspond à une minute d'arc. La distance focale de l'objectif à vision directe est un peu plus considérable. L'Observatoire a récemment fait l'acquisition d'une machine micrométrique de Gautier servant à des mesures précises de distances sur les plaques.

Services et travaux. — Mentionnons d'abord, comme se rapportant plus directement au sujet, la publication annuelle du Bulletin détaillé des observations, qui se poursuit sans interruption depuis trente ans. Les valeurs mentionnées par le Bulletin et les savants commentaires qui les accompagnent, forment une mine de richesses précieuses.

Un nombre considérable de mémoires sur des phénomènes plus remarquables, ou des études d'ensemble ont été successivement édités par les Pères Dechevrens, Chevalier, Froc, de Moidrey, et témoignent d'une merveilleuse

activité. La plupart sont sortis des presses de l'Imprimerie de la Mission catholique à T'ou-sè-wè, près de Zi-ka-wei.

Mais ce qui, à l'heure qu'il est, contribue le plus à étendre la renommée de l'Observatoire est, sans contredit, le service météorologique important dont il est le centre, et dont l'organisation, commencée par le P. Dechevrens, est due, pour la plus grande part, au Père Froc.

Ce service se décompose en deux : service de l'heure, service des annonces des coups de vent et typhons.

L'heure se donne à 11 h. 55 m. et à 12 h. 0 m., en opérant, de Zi-ka-wei, le déclanchement électrique qui produit la chute d'une boule méridienne située au sommet du sémaphore municipal, dressé à l'extrémité nord du quai de France, à Changhaï (Pl. X, fig. 24). De plus, l'Observatoire donne aux commandants de navires toute facilité pour le réglage des chronomètres de bord.

Le service des signaux se fait par le moyen de ballons et pavillons, hissés aux vergues du sémaphore de Changhaï, d'après les indications de l'Observatoire de Zi-ka-wei, à 9 h. 30 m. du matin et à 3 h. 30 m. du soir. Ces signaux indiquent les coups de vent et leur direction, les typhons et la trajectoire probable de leur centre, les brouillards régnant à Gutzlaff, phare situé à l'embouchure du Yang-tsé-kiang, à 83 kilomètres au sud-est de Changhaï. De plus, des signaux spéciaux marquent, à 10 h. du matin, l'état du vent et du temps à Changhaï. Des avertissements supplémentaires sont en outre téléphonés aux journaux vers 5 h. du soir.

Le code des signaux, officiellement accepté par Sir Robert Hart, directeur des Douanes Impériales chinoises, est en usage, depuis 1898, dans la plupart des ports de Chine. Il a été également officiellement adopté à T'sin-tau (Kiao-tcheou), à Port-Arthur, à Vladivostok et récemment à Hong-kong. Un nouveau code a été inauguré en janvier 1906.

Pour formuler ces avis en toute connaissance de cause,

l'Observatoire de Zi-ka-wei reçoit, deux ou trois fois par jour, des télégrammes de soixante stations réparties dans tous les pays environnants : Chine, Cochinchine, Philippines, Formose, Mandchourie, Sibérie, Japon, Corée. D'après ces renseignements sont dressés un tableau et une carte. Le tableau reste constamment affiché et il est tenu au courant, au fur et à mesure que les télégrammes arrivent ; la carte est affichée à midi.

A la demande des navigateurs, Zi-ka-wei a même étendu à une vingtaine de ports les avertissements donnés primitivement à celui de Changhaï seul. Les avis sont résumés dans une centaine de phrases courtes, cataloguées sous autant de numéros, et ces numéros sont hissés aux sémaphores des ports, au moyen des pavillons correspondants (Pl. X, fig. 25).

On s'imagine sans peine l'intensité et la continuité de travail que ce multiple service suppose, surtout de la part d'un personnel très restreint ; mais on conçoit facilement aussi les immenses secours qu'il rend aux nombreux navires qui sillonnent les mers de Chine. Nous n'en apporterons que deux preuves : la première est le témoignage que, en mars 1904, l'amiral von Tirpitz, ministre de la Marine allemande, rendait, en plein Reichstag, à l'utilité sans égale de l'Observatoire de Zi-ka-wei, en faveur duquel il exprimait le désir de voir voter une subvention, comme marque effective de reconnaissance ; la seconde est l'établissement d'un service similaire de celui de la Chine, sur les côtes de l'Indo-Chine et du Tonkin, service qui permettra aux navigateurs des mers du sud de mieux utiliser les avertissements des Observatoires de Manille et de Haï-phong.

Passant maintenant des services publics de l'Observatoire aux travaux particuliers exécutés par ses différents directeurs, il convient de signaler en premier lieu les études faites par le Père Dechevrens sur les courants de la haute atmosphère et la température des tourbillons atmosphériques. Les premiers Mémoires du Père Deche-

vrens sur ces différentes questions datent de 1885 et 1886; mais, dès 1877, il avait indiqué ses idées, sans les classer pourtant en corps de doctrine. C'est à Zi-ka-wei également qu'il imagina son *clino-anémomètre*, destiné à faire connaître les composantes de l'inclinaison des courants aériens. Le Père ayant poursuivi à l'Observatoire de Jersey ses études intéressantes et publié en 1902 et en 1905 des mémoires définitifs sur ces questions, nous croyons devoir remettre l'analyse de ses idées et l'exposé de ses théories à la Notice sur cet Observatoire. Qu'il nous suffise d'ajouter que ces théories, longtemps combattues, comme allant à l'encontre des principes reçus, semblent aujourd'hui avoir pleinement triomphé.

Les travaux géographiques du Père Stanislas Chevalier nous transportent dans un tout autre ordre d'idées.

Dès 1899, le Père publiait un petit traité intitulé : *La navigation à vapeur sur le haut Yang-tse*. C'était le premier résultat d'une exploration hydrographique de cinq mois que le Père avait faite, de novembre 1897 à mars 1898, sur le Fleuve Bleu, et le prélude d'autres publications du plus grand intérêt. En 1889, à la fin de l'année, paraissait un atlas du Yang-tsé, de I-tch'ang-fou à P'ing-chan-hien, contenant soixante feuilles au 25 millième, de 40 centimètres sur 50, et accompagné d'un texte à part avec croquis et dessins de l'auteur. L'ouvrage fut couronné par l'Académie des sciences et honoré d'une médaille d'or par la Société de Géographie. C'est assez dire sa valeur.

En 1894, le Père Chevalier publiait encore une carte générale de la Chine avec lettre exclusivement chinoise et, en 1903, une nouvelle édition avec la lettre chinoise et la romanisation.

Quand ses occupations le lui permettront, le Père compte reprendre, dans le Kiang-nan, les travaux des anciens Jésuites, vieux bientôt de deux siècles, et restés pourtant, jusqu'ici, le dernier mot de la géographie du Céleste Empire.

Au Père Louis Froc on doit un savant et minutieux travail sur l'atmosphère en Extrême-Orient, son état normal et ses perturbations, adressé spécialement aux navigateurs. Après des considérations théoriques générales, l'auteur fait une étude spéciale et approfondie de chaque mois en particulier; puis il passe en revue les types principaux de mauvais temps qu'on peut être exposé à rencontrer aux différentes époques de l'année. Des cartes donnent, pour chaque mois, les directions moyennes des isobares, résultats de dix années d'observations ; d'autres cartes donnent les trajectoires moyennes des tempêtes.

Le travail du Père Froc forme, à lui seul, la matière de deux rapports annuels de la *Shanghai Meteorological Society*, l'un de 90, l'autre de 86 pages. Ces rapports ont été traduits de l'anglais en français par les soins du Service de la météorologie nautique, et ont paru dans les ANNALES HYDROGRAPHIQUES. Ils constituent un manuel complet de météorologie nautique et sont devenus déjà le *vade-mecum* des navigateurs dans les mers difficiles et capricieuses de l'Extrême-Orient. Grâce aux considérations détaillées qui les accompagnent, les cartes du Père Froc cessent d'être un exposé muet d'observations, elles deviennent vivantes et parlantes, à même de fournir à ceux qui les sauront interroger, des renseignements permettant de prévoir le temps et, dans maint cas douteux, indiquant même ce qu'il y a de mieux à faire.

Ce n'est donc point sans l'avoir mérité, que le directeur de l'Observatoire de Zi-ka-wei, déjà honoré d'une décoration du Mikado, vient de se voir attribuer le prix Janssen par la Société de Géographie de Paris.

En Chine surtout, les Jésuites auraient été infidèles à eux-mêmes et à leur passé, si, adonnés exclusivement à l'apostolat des missions, ils avaient négligé l'apostolat de la science.

Après cette courte visite à l'Observatoire de Zi-ka-wei, on ne saurait leur adresser semblable reproche.

OBSERVATOIRE DE KALOCSA (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — L'Observatoire de Kalocsa, connu également sous le nom d'Observatoire Haynald, doit son existence à la munificence du cardinal Louis de Haynald, archevêque de Kalocsa. Mgr de Haynald occupait parfois ses loisirs à contempler les astres et il avait fait l'acquisition d'une lunette de Merz de 8 centimètres. La trouvant, après usage, assez peu commode, il résolut de s'en défaire et l'offrit au Collège des Pères Jésuites de Kalocsa. Son intention était du reste de compléter ce don et d'aider les professeurs du Collège à installer un modeste observatoire. Pressé par le ministre d'État Tréfort, l'archevêque conçut bientôt un plus vaste dessein et résolut de fonder un observatoire suffisamment monté pour qu'il pût servir à des recherches scientifiques sérieuses. Il consacra à ce projet la somme de 75 000 francs. Malheureusement, il voulut le voir trop rapidement exécuté. Au lieu de construire les bâtiments de toutes pièces, il fit élever l'observatoire, en troisième étage, au-dessus du Collège déjà existant, de sorte qu'aujourd'hui tout agrandissement est impossible (Fig. 26).

Les travaux furent commencés en 1878 ; l'année suivante, ils étaient terminés. L'installation se fit sous la direction d'un riche amateur, le Dr Nicolas de Konkoly qui, en 1871, s'était bâti, dans son parc de O'Gyalla, un bel observatoire fort bien équipé.

(1) Haynald Observatorium, Kalocsa (Hongrie).

En septembre 1879, le Père Charles Braun prenait la direction de l'Observatoire de Kalocsa; deux assistants lui étaient adjoints. Mgr de Haynald fixait au nouvel établissement scientifique un revenu annuel de 1800 francs.

Fig. 26. — Observatoire de Kalocsa.

Cette fondation fut assurée, en 1889, par un versement de 30 000 francs. L'Observatoire de Kalocsa était créé; c'était le second construit en Hongrie, depuis la fin malheureuse de celui de Blacksberg près de Buda, en 1848.

Organisation. — Le Père Charles Braun resta à la tête de l'Observatoire jusqu'en 1884. Il fit plusieurs améliorations et acheta divers instruments. Très occupé d'inventions qu'il poursuivait et dont nous reparlerons, il n'entreprit pas d'observations systématiques; cependant, dès cette époque, on fit quelques observations de taches solaires.

Au Père Braun succéda le Père Adolphe Hüninger, jusqu'alors assistant à l'Observatoire, et actuellement, professeur de théologie à Sarajevo. Il entreprit immédiatement l'observation régulière des protubérances du Soleil.

En octobre 1885, le Père Jules Fényi le remplaçait. Sous son active direction l'Observatoire de Kalocsa s'est considérablement développé. L'observation des protubérances et des taches a fourni au Père Fényi matière à d'importantes et fort nombreuses communications. La météorologie aussi y est en grand honneur et le Père a inventé des appareils météorologiques appréciés.

Depuis 1904, l'Observatoire reçoit une subvention de 200 francs de l'Observatoire central de Budapest, dont le bulletin annuel publie quelques-unes des observations faites à Kalocsa. Enfin, une station dans la mission du Bas-Zambèze, à Boroma, est affiliée à l'Observatoire de Kalocsa qui centralise ses observations.

En 1891, le Père Jean Schreiber fut nommé assistant du Père Fényi ; il occupa ce poste jusqu'en mars 1903, époque de sa mort : ses recherches littéraires et scientifiques seront mentionnées plus loin. A l'heure qu'il est, le Père Fényi est aidé par le Père Esch ; un assistant laïque s'occupe des observations météorologiques et des calculs.

En Hongrie, des observations météorologiques suivies sont faites encore à Presbourg et à Szatmar par les Pères de la Compagnie de Jésus. Celles de Presbourg embrassent déjà une durée de 50 ans ; celles de Szatmar sont quotidiennement télégraphiées au Bureau Central de Budapest.

Une lettre récente du Ministre du commerce, M. Daranyi, rappelait les services rendus par ces observations et remerciait les Pères de Kalocsa, de Presbourg et de Szatmar de leur zèle à aider aux progrès de la science.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire se compose de cinq salles et de deux coupoles (Fig. 27 et 28). La plus grande coupole a 4 mètres de diamètre ; elle renferme un

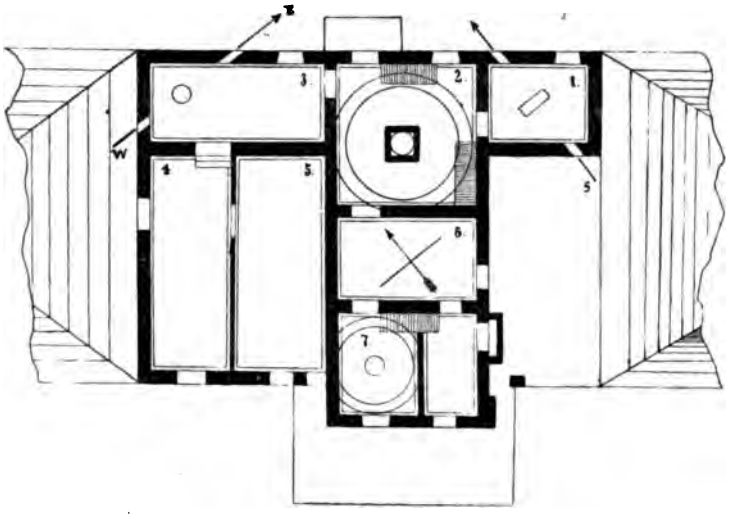


Fig. 27. — Observatoire de Kalocsa. Plan.

1. Salle méridienne. 2. Grande coupole. 3. Salle du premier vertical. 4. Laboratoire. 5. Appartement du Directeur. 6. Bibliothèque. 7. Petite coupole.

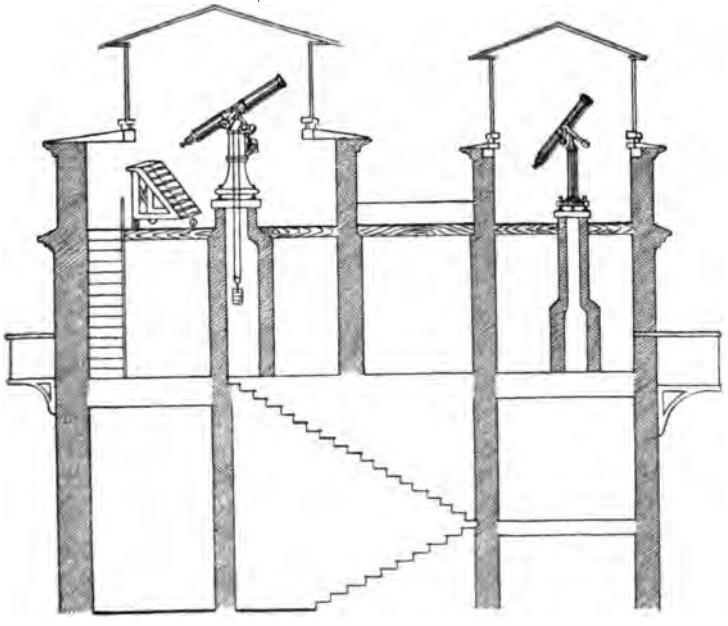


Fig. 28. — Observatoire de Kalocsa. Coupe.

équatorial de 18 centimètres (Fig. 29). La partie optique de l'instrument est de Merz, la partie mécanique de Browning, de Londres. Grâce à la libéralité du cardinal de Haynald, le Père Braun fit adapter à cette lunette un spectroscope construit par Hilger, de Londres (Fig. 30). Il est formé de

Fig. 29. — Observatoire de Kalocsa. Équatorial de Merz-Browning.

4 prismes de 60° et de 2 prismes de 30°, ce qui équivaut à 10 prismes de 60° ; on peut, à volonté, se servir de la dispersion de 10, 8, 6, 4 et 2 prismes.

La petite coupole a 3 mètres de diamètre ; elle abrite une lunette de 8 centimètres, montée parallactiquement et signée de Merz. Trois salles servent de bibliothèque, de

laboratoire et de chambre pour l'observateur. De chaque côté de la grande coupole se trouvent deux chambres, portant des ouvertures orientées dans la direction du méridien et dans celle du premier vertical. L'une d'elles contient une lunette des passages, à défaut d'une lunette méridienne qui n'aurait pu être installée commodément. A cette lunette, construite par Cooke, d'York, sont jointes une horloge astronomique du même fabricant, et une

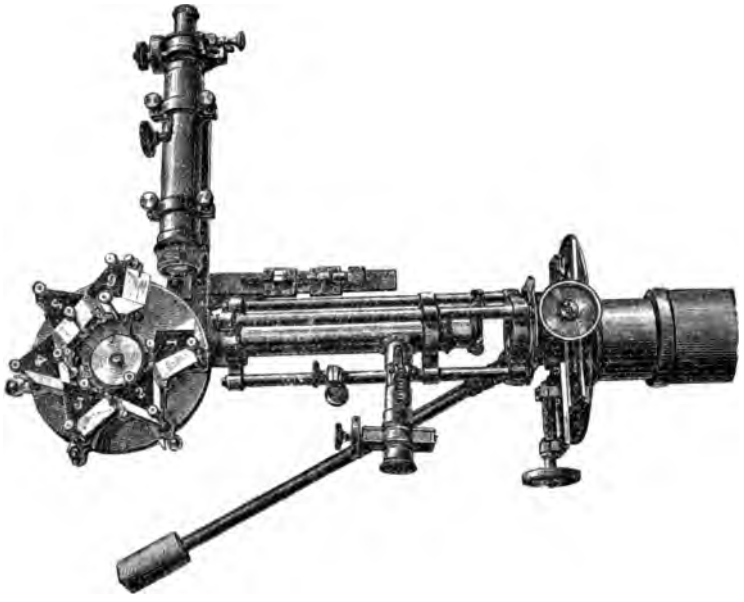


Fig. 30. — Observatoire de Kalocsa. Spectroscope de Hilger.

horloge à contact électrique. La seconde petite salle a une ouverture orientée de l'est à l'ouest ; un pilier y sert à fixer divers instruments. On y peut installer un théodolite astronomique universel de Breithaupt donnant les deux secondes tant en azimut qu'en hauteur. C'est ce théodolite qui a servi au Père Braun pour déterminer la latitude et la longitude de l'Observatoire.

A 25 mètres de distance des coupoles, un pylône massif extérieur forme une plateforme de 3 mètres 50 de large,

très dégagée, qui sert à des observations astronomiques ou géodésiques.

Parmi les instruments mentionnons aussi : un spectroscope à vision directe de Merz, un second de Häntsch de Berlin, à collimateur, un troisième de Browning contenant deux polyprismes d'Amici que l'on peut associer en nombre variable et donnant une dispersion de 20°.

Des observations photométriques peuvent être faites au moyen d'un astrophotomètre de Zöllner et d'un spectrophotomètre de Glan et Vogel. Ce dernier permet de comparer l'intensité de deux rayons lumineux dans chacune des couleurs du spectre qu'ils fournissent.

Outre les instruments classiques, la section météorologique en comprend quelques-uns de spéciaux que nous mentionnerons bientôt.

Inventions et travaux. — Le Père Charles Braun s'est acquis une certaine célébrité par ses inventions ingénieuses : on a de lui un néphoscope et un trigonomètre qui ne sont pas sans valeur ; mais ses deux plus intéressantes inventions sont un micromètre pour l'observation des passages d'étoiles et le spectrohéliographe dont il a donné deux types.

On sait que la notation du moment précis du passage d'une étoile, devant le réticule d'une lunette, constitue une des principales difficultés des observations. Ce qu'on appelle « la perte de temps » de deux observateurs peut différer de plus d'une demi-seconde ; le même individu est sujet lui-même à des variations. Aussi a-t-on cherché depuis longtemps à éliminer des calculs l'influence de « l'équation personnelle » en enregistrant automatiquement et mécaniquement le passage de l'astre. Deux Jésuites se sont attachés à résoudre ce problème : le Père Braun à Kalocsa et le Père Fargis à Georgetown. Voici la méthode imaginée par le premier.

Un petit chariot, mû par un mouvement d'horlogerie, est réglé de façon à ce que sa vitesse de translation soit

rigoureusement la même que celle de l'étoile à observer : cela revient pratiquement à transformer un objet mobile en un objet fixe. Ce chariot porte un fil ; lorsque ce fil a été mis sur l'étoile au moyen d'une vis micrométrique, on ferme un circuit électrique qui, dès la seconde suivante comptée par l'horloge à contact, arrête le chariot. Une simple lecture des indications du micromètre du chariot et du chronographe fournit alors avec une extrême précision le moment du passage de l'étoile au méridien.

La solution est ingénieuse ; malheureusement, le Père Braun ne put trouver à Kalocsa un constructeur capable d'exécuter ses plans, et les circonstances ne lui permirent pas de le faire lui-même. Il publia pourtant son invention dès 1864.

Repsold, reprenant l'idée, la simplifia, en ce sens qu'au lieu d'actionner le chariot par un mouvement d'horlogerie, il le manœuvrait à la main, par une vis. L'observateur avait ainsi les deux mains occupées. Struve, de Kœnigsberg, ne connaissant probablement pas les dessins du Père Braun, s'avisa bientôt de perfectionner l'instrument de Repsold, en réintroduisant le mouvement d'horlogerie supprimé par celui-ci. On revenait ainsi à l'instrument primitif.

Sans contester le mérite, d'ailleurs incontestable, des deux derniers inventeurs, il n'est que justice de revendiquer la priorité de l'idée pour le Père Braun.

On doit encore au Père l'idée première d'un spectrohéliographe, destiné à photographier la surface solaire tout entière avec ses taches et protubérances. Dès 1872, il en donnait le principe. On projette l'image du soleil sur la fente d'un spectroscope ; du spectre résultant on ne prend que l'une des raies les plus actiniques et on la fait tomber sur une seconde fente placée devant une plaque sensible. Si l'on vient maintenant à mouvoir la première fente de façon à lui faire recevoir les rayons émanés des divers points du disque solaire, la seconde fente distribuera sur

la plaque toute une série de rayons monochromatiques correspondants à ces divers points : ces rayons pourront être atténués ou supprimés aux endroits correspondants aux taches, renforcés au contraire à ceux qui correspondent aux protubérances. L'ensemble donnera une représentation complète de la surface du soleil.

Ce premier type du spectrohéliographe du Père Braun ne fut jamais construit, faute de ressources. Le professeur Hale, alors à l'Observatoire de Kenwood, publia, en 1891, et fit exécuter un instrument qui, différant du précédent par quelques détails, est cependant basé sur le même principe. M. Hale a, du reste, rendu justice au Père Braun, en lui reconnaissant la paternité de l'invention (SIDEREAL MESSENGER. Juin 1891, n° 96). A la même époque que M. Hale, M. Deslandres, alors à l'Observatoire de Paris, combina un instrument analogue.

Le Père Braun a également inventé un second type de spectrohéliographe, d'une forme assez singulière, qui a eu le sort de son aîné et n'a jamais été construit.

Malgré sa faible santé, le Père Jean Schreiber, assistant à Kalocsa, de 1891 à 1903, année de sa mort, s'est livré à de nombreux travaux. Dans le domaine littéraire, on lui doit une Notice sur les Jésuites Astronomes de la Compagnie avant sa suppression, des recherches sur les travaux solaires du Père Scheiner, sur la carte lunaire des Pères Riccioli et Grimaldi. Au point de vue scientifique, il a laissé de nombreuses observations de taches du soleil, et un instrument aujourd'hui très employé, sous diverses formes analogues, le *Gewitterregisträtor* (Fig. 31).

Comme son nom l'indique, cet appareil est destiné à enregistrer les décharges de la foudre. En 1898, M. Ducretet, l'ingénieur-constructeur bien connu de Paris, signalait que le récepteur d'un poste de télégraphie sans fil fonctionnait sous l'influence des éclairs : les ondes émises par la décharge atmosphérique pouvaient donc décohérer le tube à limaille. On comprit immédiatement

toute la portée de cette découverte pour la météorologie : avec des tubes sensibles ou des détecteurs appropriés, on pourrait enregistrer des éclairs lointains et prévoir d'avance l'arrivée des orages.

De différents côtés on se mit à l'œuvre pour rendre pratique cet enregistrement. Boggio-Lera et Lancetta en Italie, Palatin en Hongrie, d'autres peut-être aussi, trouvèrent des solutions.

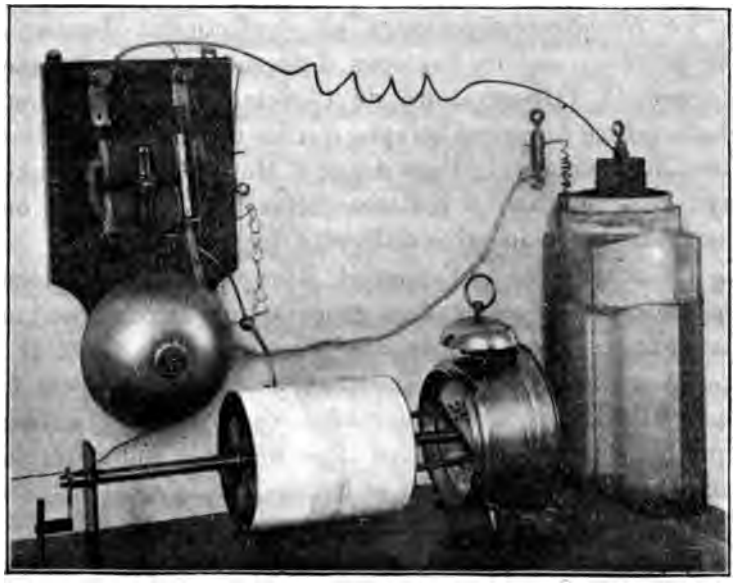


Fig. 31. — Le Gewitterregisträtor.

Dès 1900, le Père Schreiber, à Kalocsa, en trouvait une fort élégante, à laquelle, du reste, le Père Fényi ne fut pas étranger. Il remplaçait d'abord le cohéreur Branly par deux aiguilles croisées en X. A l'état normal, la résistance au contact était suffisante pour empêcher le courant des piles de circuler ; mais une onde venait-elle abaisser cette résistance, le courant passait, pouvant actionner une sonnerie, faire dévier, au moyen d'un électro-aimant, la plume d'un enregistreur, etc.

L'enregistreur fabriqué par le Père Schreiber se composait d'un disque de carton blanc monté sur l'un des ressorts d'un simple réveille-matin : la plume traçait d'un trait continu une spirale dont le rayon allait en diminuant ; à l'arrivée d'une onde, la plume, attirée par l'électro, décrivait un crochet visible.

Cet appareil, bien primitif, put enregistrer, avec une précision remarquable, des éclairs distants de 110 kilomètres.

Le *Gewitterregisträtor* a été perfectionné depuis ; il se présente aujourd'hui sous différents noms et diverses formes. A l'Observatoire de Cleveland, le Père Odenbach a créé le céraunographe qui lui donne des résultats très intéressants ; le Père Algué à Manille, le Père Zukotynski à Chyrow, à Kalocsa même le Père Fényi, ont successivement imaginé différents dispositifs.

Un exemplaire de l'appareil, fabriqué de toutes pièces à Kalocsa, et ne demandant guère de frais de construction, fonctionne en ce dernier observatoire depuis 1901. Il a pu, à maintes reprises, indiquer des orages distants de 400 kilomètres. L'enregistrement se fait sur un tambour qui fait un tour par heure : les marques indiquant les éclairs sont ainsi espacées et lisibles.

Empressons-nous d'ajouter que si l'Observatoire de Kalocsa fait des observations météorologiques intéressantes, il est surtout célèbre par la remarquable étude des protubérances et des taches solaires que le Père Fényi y poursuit depuis vingt ans. Les comptes rendus de ses découvertes et de ses travaux font la matière de plus de cent articles différents qui ont paru en différentes langues, dans plusieurs journaux scientifiques. Nous ne pouvons évidemment les analyser ici, mais nous en extrairons trois points principaux qui donneront une idée de l'ensemble des travaux du Père.

C'est d'abord une nouvelle interprétation des phénomènes des protubérances solaires. Ces protubérances (Fig. 32-35)

que l'on aperçoit déformant les bords du disque, sont constituées, on le sait, par de gigantesques flammes d'hydrogène incandescent qui s'élèvent à des milliers de kilomètres de

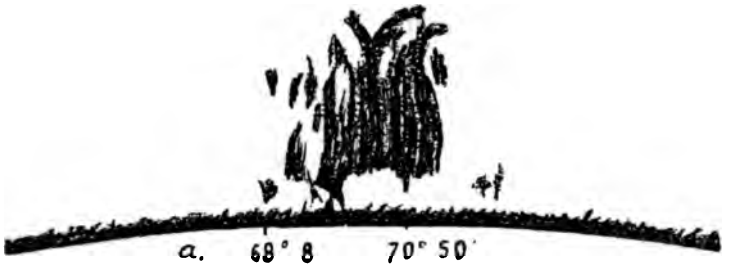


Fig. 32.— Protubérance solaire de 61 000 km. de hauteur, observée à Kalocsa.

Fig. 33. — Protubérance solaire de 498 821 km., observée à Kalocsa.

Fig. 34. — Protubérance de 174 000 km. de hauteur, observée à Kalocsa.

Fig 35. — Protubérance de 183 000 km. de hauteur, observée à Kalocsa.

hauteur, avec des vitesses de plusieurs centaines de kilomètres par seconde, puis s'affaissent sur elles-mêmes et disparaissent. On avait pensé longtemps que ces poussées d'hydrogène avaient lieu au sein d'une atmosphère constituant autour du soleil une couche concentrique. Appuyé

sur de longues observations et sur des calculs, le Père Fényi a montré que ces protubérances élevées se produisaient dans le vide et non au sein d'une atmosphère. Dans son hypothèse, tous les phénomènes observés sur les protubérances : spectre, éclat, disparition ont, dès lors, pu s'expliquer facilement.

Le Père Fényi a également donné une nouvelle explication des facules du soleil, explication dans laquelle il se rencontre, à bien des années de distance, avec une constatation faite par le Père Secchi. On avait pris les facules pour des endroits proéminents de la photosphère, ou pour des protubérances vues de face. Dans l'explication du Père Fényi, les facules sont les endroits où retombent sur la masse solaire les courants gazeux qui, projetés auparavant dans le vide sous forme de protubérances, redescendent maintenant sur eux-mêmes en vertu de la gravitation.

Enfin, dans plusieurs de ses publications, le Père Fényi a donné une nouvelle théorie du phénomène de déplacement des raies du spectre protubérantiel. Le phénomène est celui-ci : si l'on observe au spectroscope le pied ou le milieu des protubérances dans la chromosphère, on aperçoit quelquefois toutes les raies de l'hydrogène qui, à un moment donné, se déplacent ensemble dans la même direction vers l'une de ses extrémités, tantôt vers le bleu, tantôt vers le rouge. Ce fait remarquable avait eu bien des admirateurs, mais pas d'interprète. Le Père Fényi, le premier, l'a expliqué d'une façon très simple, par des courants gazeux. La rencontre d'une protubérance, montant rapidement, avec un semblable courant, retombant en sens contraire, produit, à partir de l'endroit où a lieu le choc des deux courants, une composante, laquelle occasionne, aussi longtemps qu'elle reste dans la ligne visuelle, un déplacement de la lumière spectrale dans l'un ou l'autre sens.

De nouvelles explications du phénomène ont été, il est

vrai, données depuis. Doppler, dans la sienne, suppose des mouvements horizontaux de la masse gazeuse, mouvements difficiles à imaginer; W. Michelson, de son côté, a donné une belle théorie : il suppose simplement que, à la partie supérieure de la protubérance, le courant gazeux ascendant se trouve du côté de l'observateur et intercepte, par suite, les rayons émis derrière lui, tandis que, au bas du courant, le phénomène inverse se produit; en haut les lignes du spectre se déplaceront donc vers le rouge et, en bas, vers le bleu.

Dans une de ses dernières publications, le Père Fényi, sans rejeter sa première théorie, admet cependant que celle de Michelson peut la compléter sur quelques points.

Ajoutons que plusieurs des mémoires du Père Fényi ont trait à l'intéressante question des relations entre les éruptions solaires et les troubles magnétiques terrestres. Son opinion est que les grandes protubérances ne coïncident jamais avec des troubles magnétiques, sauf quand ces protubérances sont formées de vapeurs métalliques et se trouvent dans le voisinage des taches. Il a constaté, d'autre part, que les hauteurs maxima des protubérances coïncidaient parfaitement avec les périodes d'apparition d'un nombre maximum de taches. De nombreuses observations lui ont prouvé de plus que les grandes protubérances pouvaient se trouver à toutes les latitudes solaires, mais sans jamais dépasser la latitude de 41°.

Conclusion. — Ces rapides aperçus suffiront, nous semble-t-il, à montrer l'importance des travaux qui se poursuivent à l'Observatoire de Kalocsa et les remarquables résultats qui en ont fait l'un des meilleurs centres d'étude d'astrophysique.

Ajoutons en terminant, bien que cela ne se rapporte pas directement à cette monographie, que le Père Charles Braun, retiré au Collège de Mariasheim, en Bohême, s'occupe depuis plusieurs années de déterminer la constante de la gravitation. Les valeurs obtenues par lui ont

été citées avec éloge dans plusieurs Bulletins de Sociétés savantes et donnent une haute idée de sa science ingénieuse et persévérante.

OBSERVATOIRE DE TANANARIVE (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — En 1880, à la demande de M. Alfred Grandidier, de l'Académie des Sciences, Mgr Cazet, vicaire apostolique de Madagascar, faisait installer à Tananarive un petit observatoire météorologique rudimentaire. Les missionnaires de la Compagnie de Jésus y firent, jusqu'au jour où les Français furent expulsés de l'île, des observations quotidiennes sur la pression atmosphérique, l'état hygrométrique, la température et la hauteur des pluies.

La paix conclue et les Pères rentrés à leur poste, Mgr Cazet et le R. P. Michel, visiteur de la mission, formèrent, en 1887, le projet d'avoir à Madagascar non plus seulement une station météorologique, mais un observatoire complet, capable de rendre de réels services à la science, et de rehausser aux yeux des indigènes le prestige de l'influence française. M. Le Myre de Vilers, résident général, encouragea vivement cette idée qui suscita d'ailleurs un vif courant de sympathie auprès des membres du gouvernement et au sein de l'Académie des Sciences. Désigné pour mettre l'entreprise à exécution, le Père E. Colin alla faire son apprentissage auprès du Père Perry, à l'Obser-

(1) Observatoire d'Ambohidempona, Tananarive (Madagascar).

Fig. 36. — L'ancien Observatoire de Tananarive.

Fig. 37. — L'Observatoire de Tananarive en ruines.

vatoire de Stonyhurst, puis à l'Observatoire de Montsouris. Vers la fin de 1888, il s'embarquait pour Madagascar, emportant une collection d'instruments météorologiques, astronomiques et magnétiques, dus à l'influente initiative de M. Le Myre de Vilers.

Dès son arrivée, en janvier 1889, le Père Colin s'occupa de rechercher un emplacement convenable. Deux montagnes, situées non loin de Tananarive, semblaient offrir les conditions requises ; l'une était sacrée, il n'y fallait point songer ; l'autre était néfaste, et il paraissait facile de s'y établir. Ce ne fut pourtant qu'après bien des démarches et des pourparlers, qu'à la fin d'avril, Mgr Cazet obtint du gouvernement malgache la concession de terrain nécessaire.

Au mois de juin, les ouvriers creusaient les fondations du nouvel observatoire dans le sol granitique de la montagne d'Ambohidempona. Bien que tous les matériaux dussent être apportés à dos d'hommes, en sept mois tout était à peu près terminé.

L'Observatoire fut bâti en briques et en pierres de taille ; les fondations sont formées de blocs compacts de granit (Pl. XI, fig. 36). Construit d'après les plans de M. Lequeux, architecte de Paris, il se composa d'un octogone central de 8 mètres de diamètre, terminé en cylindre à la partie supérieure et supportant une grande coupole ; sur trois des côtés de l'octogone étaient adossés des pavillons flanqués de tours. Vu de l'est, l'ensemble de l'édifice présentait la forme d'un T, dont la branche supérieure, orientée du nord au sud, était tournée vers Tananarive. Simple mais imposant, sur sa montagne élevée presque à pic de 120 mètres au-dessus de la plaine, l'Observatoire occupait une superbe position, mais malheureusement aussi, comme nous allons le voir bientôt, une position stratégique qui lui fut funeste.

Organisation. — La nouvelle station scientifique devait être à la fois, dans le plan de ses fondateurs, astro-

nomique, météorologique et magnétique. Sans plus tarder, le Père Colin s'occupa d'organiser ces trois sections.

Dans la tour de l'est fut installé un cercle méridien portatif Rigaud, offert par l'Amiral Mouchez, directeur de l'Observatoire de Paris, et dont l'histoire était à elle seule un petit roman, car, après avoir servi à M. Yvon Villarceau pour déterminer les positions géographiques de plusieurs villes de France, le pauvre instrument avait eu à subir un incendie, à l'Observatoire de Paris, pendant les troubles de la Commune, et avait été sauvé à grand' peine.

La coupole centrale abrita, au bout de quelque temps, un équatorial de Eichens, dû également à la libéralité de l'amiral Mouchez. Cette lunette avait servi à observer, en 1882, le passage de Vénus sur le Soleil et, depuis, était restée sans emploi. Sur la demande du Père Colin, l'instrument fut monté équatorialement, muni d'un mouvement d'horlogerie et expédié à Tananarive. Il n'y devait pas parvenir sans encombre. Le tube de la lunette, assimilé à un canon, et le pied parallactique pris pour un affût, effarouchèrent les Malgaches chargés de les transporter de Tamatave à l'Observatoire, et furent par eux jetés dans un fourré. Le Père Colin finit pourtant par les sauver et n'eut à déplorer que quelques pièces faussées.

Grâce à l'initiative et à la libéralité de MM. Le Myre de Vilers et Mascart, membre de l'Institut, le service météorologique fut pourvu de nombreux instruments : barographe, psychrographe, évaporographe, géothermographe furent associés avec des instruments à lecture directe observés cinq fois par jour. Sur le dôme fixe de la tour sud, on installa anémoscope et anémographes de vitesse et de pression. Le long de la balustrade qui surmontait les pavillons de la façade, furent fixés les héliographes, actinomètres et actinographe.

Dans un pavillon spécial, bâti à une certaine distance de l'Observatoire, un magnétographe Mascart donnait les

courbes continues de déclinaison, inclinaison et intensité, par enregistrement photographique.

L'une des premières occupations du Père Colin, en 1889 et 1890, fut de déterminer la longitude et la latitude de son Observatoire : nous dirons tout à l'heure comment il s'y prit. En 1891 et en 1892, aidé du Père Roblet, il déterminait à son tour l'altitude géodésique, au milieu de difficultés de toute sorte.

En 1891, on agrandissait le champ des études climatologiques, en créant un réseau de treize stations disséminées dans la grande île : Betafo, Beforona, Arivonimamo, Ambositra, Ambohimandroso, Fianarantsoa à l'intérieur; sur les côtes, Diégo-Suarez, Vohémar, Tamatave, Mananjary, Fort-Dauphin, Nos-Vé, Majunga. Ces observations, centralisées, permettaient de suivre les aires de haute et basse pression, et de tracer la trajectoire des cyclones qui visitent parfois Madagascar. Elles étaient envoyées au Bureau central de Paris et aux principaux observatoires des diverses parties du monde.

L'avenir s'annonçait donc plein de promesses pour l'Observatoire Royal de Tananarive, placé sous le haut patronage de Sa Majesté Ranavalomanjaka III. Au prix de tracas et de fatigues épuisants, avec d'assez minimes ressources, le Père Colin était arrivé à faire progresser de front ses multiples travaux, météorologiques, astronomiques, magnétiques, géodésiques, et à mettre l'Observatoire en bon rang. Tout cela était sans doute trop beau pour durer.

Destruction. -- En 1894, brisé par les fièvres paludéennes et par les privations, le Père, sur l'ordre pressant des médecins, rentrait en France pour s'y rétablir. D'autre part, les relations se tendaient de plus en plus entre le gouvernement français et le gouvernement malgache ; en 1895, colons et missionnaires quittaient précipitamment Madagascar. Mgr Cazet demanda au premier ministre, Rainilaiarivony, de vouloir bien prendre sous sa protec-

tion l'Observatoire d'Ambohidempona où l'on était obligé d'abandonner tous les instruments. La requête fut favorablement accueillie, et les deux calculateurs indigènes reçurent l'ordre de continuer les observations météorologiques. Ce ne devait pas être pour longtemps. Les troupes françaises de débarquement occupaient bientôt une partie de l'île et marchaient sur la capitale ; sous le prétexte que l'Observatoire pourrait servir de poste stratégique aux ennemis, le gouvernement malgache ordonnait la démolition de l'édifice. Dans la journée du 18 septembre 1895, l'ordre sauvage était exécuté : plusieurs instruments étaient brisés et emportés dans toutes les directions, les coupoles mises à bas, les murs nivelés presque jusqu'au sol. Des efforts inouïs poursuivis pendant six ans, il ne restait que le souvenir (Pl. XI, fig. 37).

Au nord des ruines, les Malgaches élèvent à la hâte des retranchements et y établissent une batterie ; le 30 septembre, au matin, les canons français les délogent de la position que nos tirailleurs occupent bientôt, suivis par l'artillerie. Après quelques minutes de bombardement, Tananarive capitule et les Malgaches, épouvantés, s'enfuient en masse vers l'ouest.

Dès le lendemain de l'occupation, le général de Torcy, chef d'état-major du corps expéditionnaire, voulut bien s'intéresser à ce qui restait de l'Observatoire : il put réunir quelques débris d'instruments, passablement détériorés ; d'autres avaient disparu pour toujours.

Quelques mois après, en 1896, le Père Colin revenait de France, triste de tant de ruines, mais bien résolu à les relever, si on lui en fournissait les moyens. Il put immédiatement installer quelques instruments météorologiques dans l'emplacement de la mission, et reprendre une partie des observations.

Sollicité sur ces entrefaites par le général Voyron, commandant le corps d'occupation, de faire partie d'une brigade topographique envoyée en reconnaissance sur la

côte orientale de Madagascar, le Père accepte et, durant plusieurs semaines, s'emploie à l'exécution de la partie géodésique et magnétique.

A sa rentrée à Tananarive, on lui rapporte une parole pleine d'espérances, prononcée par le général Gallieni : « Les Hovas ont détruit l'Observatoire ; ils le rebâtiront. » Ils devaient le rebâtir en effet.

Reconstruction. — Depuis la prise de Tananarive, une compagnie de soldats sénégalais occupait les ruines de Ambohidempona. Enragés destructeurs, comme tous les noirs africains, ils avaient achevé de renverser ce que le temps, les Malgaches et les obus avaient épargné. Il n'était guère possible au Père Colin de s'établir en pareil voisinage. Du reste, son expérience passée lui avait fait connaître certains inconvénients provenant de la situation topographique de l'ancien Observatoire. Il songea à choisir un autre emplacement. Deux sommets sur lesquels il avait successivement porté son choix, devaient être utilisés pour des postes fortifiés et ne purent lui être accordés ; la terrasse supérieure du palais de la reine qu'on lui offrit, ne présentait pas des garanties de stabilité suffisantes et ne pouvait convenir. Force fut, bon gré mal gré, de revenir à Ambohidempona.

Au mois de juin 1898, le Père Colin s'établissait dans l'ancien pavillon magnétique, réparé à la hâte ; les pans de murs ruinés de l'Observatoire étaient démolis ; les fondations de granit seules restaient en bon état. Toute indemnité avait été refusée par le comité consultatif du contentieux, l'Observatoire ayant été détruit pour fait de guerre ; la colonie accordait pourtant une subvention de 10 000 francs, en considération des services rendus par le Père. Avec cette somme bien insuffisante et une centaine de prestataires, prêtés par le général Gallieni, on se mit à l'œuvre, courageusement.

Quelques modifications furent faites au plan primitif. Ayant renoncé à tout espoir de coopérer à la carte pho-

tographique du ciel austral, le Père Colin se résolut à réduire et à simplifier le service astronomique. Au lieu du pavillon central que surmontait la grande coupole, on construisit un simple péristyle. La grande façade fut relevée, et perpendiculairement à sa direction, du côté sud, on éleva une nouvelle aile. En même temps, une maison d'habitation en pisé fut construite, à deux cents mètres de l'Observatoire, en contre-bas, à l'abri des forts vents d'est.

Dans l'intervalle, les épaves du naufrage de 1895 étaient recueillies peu à peu. Chronomètres, miroir d'héliostat, axes, plaques de fonte, crapaudines, etc., finissent par répondre à l'appel.

En 1899, un prix de 6 000 francs, fondé, à la Société de Géographie, par Mme Herbet-Fournet, et attribué aux Pères Colin et Roblet, permet de couvrir les frais d'achat chez MM. Gillon, de Paris, d'une coupole de cinq mètres de diamètre. Ce ne fut pas sans des péripéties nombreuses qu'arrivèrent, de Majunga à Tananarive, les huit volumineuses caisses qui renfermaient ce lourd colis ; elles arrivèrent pourtant et, au début du mois d'août 1899, la coupole tournait sur ses rails. Quelques mois après, la lunette équatoriale d'Eichens, réparée tant bien que mal, était installée sur un nouveau pilier, et deux lunettes méridiennes, celle de Rigaud et une de Brünner, orientées dans une nouvelle salle.

Depuis lors, les travaux de l'Observatoire d'Ambohidempona ont repris en partie leur cours ; le Père Colin a pu exécuter de nouveaux voyages d'exploration géodésique et magnétique. Mais, surchargé de besogne, n'ayant comme assistant actif qu'un Malgache, et ne disposant d'aucune subvention, il est malheureusement dans l'impossibilité de réaliser le vaste programme qu'il avait autrefois conçu et auquel sa science et ses connaissances techniques, plusieurs fois officiellement reconnues, lui donneraient le droit de prétendre.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — Dans son état actuel (Fig. 38), le bâtiment principal de l'Observatoire de Tananarive a la forme d'un L. Comme dans l'ancien, la grande façade est orientée du nord au sud, et terminée à une extrémité par

Fig. 38. — L'Observatoire actuel de Tananarive.

une aile perpendiculaire en retour. Au centre de la façade, un péristyle fermé entoure une salle centrale qui contient un baromètre Tonnelot à large cuvette, deux baromètres enregistreurs Richard, dont l'un, à mouvement rapide, est utilisé pour l'observation des cyclones, et un sismographe Cecchi ; de plus, les enregistreurs d'un anémomètre Robinson, d'un anémomètre Richard, et d'une girouette du même constructeur.

Encadrée dans l'aile méridionale, se trouve la salle

méridienne, soigneusement assise sur une couche compacte de gneiss granitique. On a ainsi remédié à un grave défaut de l'ancienne salle qui, souvent ébranlée par les vents d'est, rendait impossible les observations avec bain de mercure. Deux lunettes, l'une de Rigaud, l'autre de Brünner, fournissent l'heure par les passages d'étoiles. Signalons encore, avec l'équatorial de Eichens, une pendule sidérale et quatre chronomètres, une lunette photographique solaire.

Complétant la série des instruments météorologiques, se trouvent à l'extérieur thermomètres et psychromètres, thermographe et psychrographe de Richard, hygromètre enregistreur du même, pluviomètre de l'Association scientifique, actinomètre ordinaire, actinographe Violle-Richard, héliographes Campbell et Jordan, le premier brûleur, le second photographique.

Un magnétographe Mascart complet fonctionne dans le pavillon magnétique. Pour les voyages, l'Observatoire possède des instruments de mesures absolues, entre autres le théodolite-boussole Brünner.

Depuis 1903, le général Gallieni a fondé des postes météorologiques nouveaux en divers points de l'île ; leurs observations, concentrées au Service de l'Agriculture, sont communiquées à l'Observatoire. Tous les jours, des dépêches météorologiques, envoyées des ports des côtes est et ouest, arrivent à Tananarive. Elles sont également communiquées à l'Observatoire qui, d'après leurs données, avertit de l'approche des cyclones.

Travaux. — On peut ranger les différents travaux entrepris par le Père Colin à Madagascar, depuis 1889, sous quatre catégories : travaux météorologiques, astronomiques, géodésiques et magnétiques. Nous les passerons successivement en revue, en signalant au fur et à mesure ses collaborateurs.

Les observations météorologiques faites depuis 1889, soit à Ambohidempona, soit dans les sous-stations, sont

consignées, discutées et réduites dans cinq volumes déjà publiés. Elles donnent d'intéressants détails sur la marche des phénomènes atmosphériques à cette latitude. Elles ont, de plus, fourni la matière d'un mémoire sur le climat de l'Imerina, lu, en 1895, à la Société de Géographie commerciale de Paris, d'une étude sur le régime météorologique de Madagascar, pendant l'année 1902, de plusieurs articles sur les cyclones, parus dans le Journal officiel de la Colonie.

Les travaux astronomiques du Père Colin sont eux-mêmes de deux sortes : ceux entrepris pour fixer les coordonnées et l'altitude de l'Observatoire, et des travaux divers se rapportant à la géographie de Madagascar.

La longitude d'Ambohidempona fut déterminée, en 1889 et 1890, au moyen de 39 séries comprenant 561 observations d'étoiles voisines de la lune, et autant de passages de cet astre au méridien. La latitude fut mesurée, au cours de ces mêmes années, par la méthode des hauteurs d'étoiles déterminées au moyen du nadir et des quatre micromètres de la lunette méridienne Rigaud. L'opération ne se fit pas sans peine : bien des soirées furent passées en vain à l'oculaire de la lunette ; les vents d'est et de sud-est agitaient si furieusement la montagne et l'Observatoire, que le bain de mercure n'était jamais assez tranquille pour réfléchir les fils du réticule. Des nuits plus calmes permirent enfin de constituer quinze séries portant sur un total de 156 hauteurs d'étoiles.

En mars 1891, on commença la détermination de l'altitude au-dessus de l'Océan Indien, avec un théodolite à cercle répétiteur de Gambey. Le nivellement, poursuivi pendant six mois, au milieu de difficultés et d'épreuves de tous genres, donna enfin pour résultat une hauteur de 1402 mètres, valeur qui diffère de un mètre en moins de l'altitude conclue d'après trois années d'observations du baromètre à mercure. L'Observatoire de Tananarive est donc l'observatoire astronomique le plus élevé du monde.

On doit encore au Père Colin la détermination astronomique des coordonnées de 17 points de l'île, au moyen des instruments de Brünner.

Les premiers travaux géodésiques furent exécutés, en 1891, pour la détermination de l'altitude dont nous venons de parler. On devait déjà à l'infatigable patience du Père Roblet des études cartographiques sur l'Imerina et le pays des Betsiléos, études qui lui avaient valu l'un des prix attribués par l'Académie des Sciences. La détermination de la longitude et de la latitude de l'Observatoire fournissait à ces études un complément essentiel, en asseyant le réseau sur une orientation certaine. On commença par vérifier la base, mesurée vingt ans auparavant dans la plaine de Maharemana, par le Père Roblet ; puis le Père Colin poursuivit la triangulation et le nivellement géodésique, depuis le centre de l'Imerina jusqu'à Andevorante, sur 211 kilomètres de longueur et 20 de largeur, tandis que le Père Roblet établissait les levés de détail avec l'alidade nivelatrice et la planchette. Les cartes de l'Imerina nord et sud furent publiées par les deux Pères, en 1895, sur la demande du Service géographique de l'armée, à l'usage des officiers du corps expéditionnaire. Ce même service publia l'itinéraire de Tananarive à Andevorante, qui fut très utile, soit dans le tracé de la grande route de l'Est, soit pour les cartes itinéraires de Tananarive à la côte orientale.

Affecté au Bureau géographique de l'État-Major par le général Voyron, en 1896, le Père Colin triangulait, avec une brigade topographique, la côte orientale de Madagascar, sur une superficie de 125 kilomètres carrés. En 1897, il relève une superficie de 15 000 kilomètres carrés au nord de Tananarive ; en 1898, il détermine sur la côte occidentale les positions géographiques de cinq stations ; en 1900, il rectifie, sur une assez longue étendue, la côte orientale et constate que la côte s'infléchit vers le S.-S.-W.

beaucoup plus que ne l'indiquent les cartes marines ; en 1901, il relève le massif central de l'île dans tous ses détails.

Au point de vue magnétique, nous sommes redevables au Père Colin de nombreux levés de précision, exécutés sur une grande partie de la surface de l'île, au cours de ses voyages astronomiques ou topographiques. A part quelques déterminations faites sur les côtes, on ne possédait, avant lui, à peu près aucune donnée magnétique. En divers points, le Père a constaté de fortes anomalies, très intéressantes pour la détermination de la constitution géologique du sol et qui, de plus, permettent aux topographes et aux géomètres de régler leurs boussoles sur la déclinaison locale.

En 1902, à la demande du général Gallieni qui prend à sa charge les frais de construction d'un pavillon magnétique, le Père Colin coopère aux travaux de la mission allemande au pôle sud. A cet effet, il installe le magnétographe Mascart, observe pendant un an, toutes les semaines, les éléments magnétiques absolus et envoie un volumineux dossier d'observations météorologiques et magnétiques au général Gallieni.

Cette même année, il continue, sur le versant nord du massif de l'Ankaratra, les levés magnétiques qu'il avait entrepris l'année précédente et il détermine les positions géographiques d'Ambatolampy.

En 1903, le service géographique de l'État-Major demande au Père Colin de compléter sa triangulation, en serrant les stations géodésiques aussi près que possible les unes des autres (3 ou 4 km. au maximum). La moitié de ce travail était déjà exécutée, calculée et livrée au service géographique en 1904. De sa propre initiative, le Père Colin parachève cette œuvre cartographique, en relevant les éléments magnétiques en 49 points compris dans ce réseau.

Les travaux les plus importants du Père Colin sont consignés dans des rapports et communications faits à

l'Académie des Sciences, de 1892 à 1905, après chacun de ses voyages. Les derniers rapports donnent les valeurs magnétiques absolues observées chaque semaine à Ambohidempona.

Ajoutons en terminant que, malgré ses absorbantes occupations, le Père Colin a su trouver le temps de publier un ouvrage sur la grande île sud-africaine, plusieurs articles dans diverses Revues et un recueil de mélodies malgaches, transcrites au cours de ses explorations scientifiques.

Conclusion. — On voit que pour n'avoir pas eu l'existence calme et fortunée de quelques-uns de ses frères, l'Observatoire de Tananarive, grâce au zèle et à la volonté tenace de son Directeur, n'en a pas moins su se créer une place honorable, qu'on se plaît du reste à reconnaître. En 1890, l'Académie des Sciences décernait au Père Colin le prix Jérôme Ponti, en 1898 le prix Valz, en 1903 le prix Gay ; en 1895, la Société de Géographie lui attribuait les prix et médailles d'or Louise Bourbonnaud, en 1898, le prix de 6000 francs Herbet-Fournet. De plus, il était successivement nommé Officier d'Académie, Officier de l'Instruction publique et Correspondant de l'Institut.

Ces distinctions flatteuses ne peuvent pourtant consoler le Père Colin de la ruine de son premier Observatoire, ni lui faire oublier le manque d'aide et de ressources qui paralyse le développement de son œuvre, si utile et si française.

OBSERVATOIRE DE JERSEY (1)

Installation. — L'Observatoire St-Louis est situé dans l'île de Jersey. C'est un Observatoire de recherches

(1) Observatoire St-Louis, St-Hélier, Jersey (Iles de la Manche).

météorologiques. Le fondateur et directeur actuel est le Père Marc Dechevrens, pendant de longues années directeur de l'Observatoire de Zi-ka-wei, et que son état de santé obligea, en 1887, à revenir en Europe.

La fondation de cet Observatoire date de la fin de l'année 1893. Sur une colline de 55 mètres de hauteur qui, au nord, domine la ville de St-Hélier, capitale de

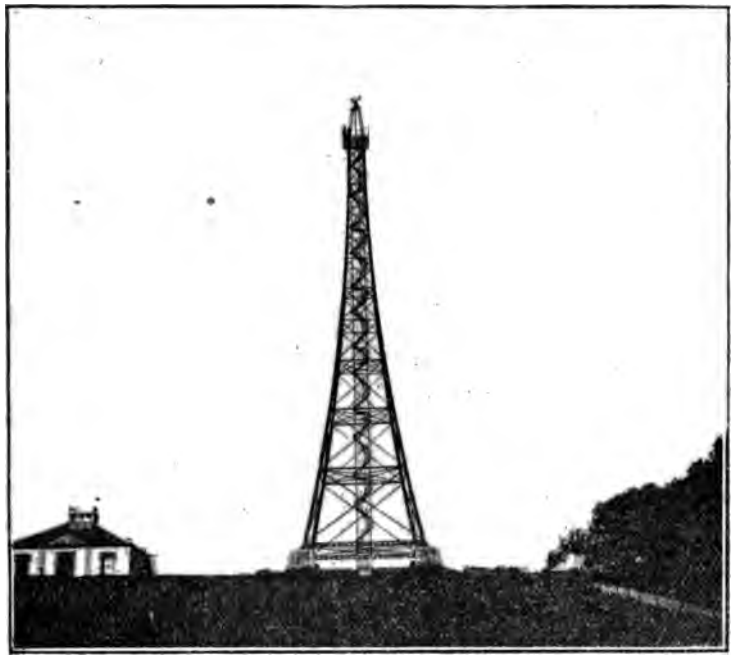


Fig. 39. — L'Observatoire St-Louis, à Jersey.

l'île de Jersey, fut élevée une tour d'acier de 50 mètres de hauteur, destinée à supporter des anémomètres. A quelque distance du pied de la tour, le bâtiment de l'Observatoire comprend une salle centrale qui abrite les enregistreurs ; autour, une salle méridienne, une bibliothèque, des laboratoires et des chambres pour les observateurs.

L'Observatoire possède un équipement météorologique

complet : au sommet de la tour (Fig. 39), un anémomètre universel Dechevrens, à contacts électriques, enregistre la direction du vent et les deux composantes de la vitesse; au-dessous de lui, fonctionnent girouette et anémomètre à succion.

Au-dessus de la salle centrale sont installés moulinet Robinson, girouettes, héliographe Jordan. Cette salle renferme des enregistreurs Richard pour les anémomètres, un baromètre Tonnelot à large cuvette et à échelle compensée, un barographe Richard, un barographe à mouvement rapide, un barographe à air et eau d'une grande sensibilité, etc. Un abri extérieur contient les thermomètres et psychromètres.

Signalons en outre une lunette méridienne de Gautier, de 5 cm. et une lunette de 11 cm. d'ouverture à laquelle peut s'adapter un spectroscope.

Un Bulletin annuel très complet publie, depuis 1894, les données météorologiques d'usage. En outre, des observations magnétiques d'inclinaison et de déclinaison sont faites, depuis 1897, au moyen d'une boussole de Dover portant une lunette à réticule, adaptée par le constructeur lui-même. Les valeurs magnétiques, mesurées trois fois par mois, sont également consignées sur le Bulletin.

Inventions et travaux. — Nous avons, dans la notice sur l'Observatoire de Zi-ka-wei, mentionné simplement au passage les travaux entrepris en Chine, dès 1885, par le Père Dechevrens sur les mouvements de la haute atmosphère et les variations de température produites par les tourbillons. Le détail de ces travaux, poursuivis à Jersey par le Père, trouve ici sa place naturelle.

Les premiers mémoires du Père Dechevrens sur les mouvements généraux de la haute atmosphère datent de 1885 et 1886. Plusieurs autres les ont suivis depuis, qui n'ont fait que confirmer les idées émises dans les premiers. Tous aboutissent au même résultat : les mouvements

généraux de l'atmosphère, au-dessus de la zone tempérée de l'hémisphère nord, ne semblent pas répondre à l'idée qu'on s'en était faite d'après les recherches de Maury et de Dove. On croyait, sur l'autorité de ces savants auteurs, à l'existence d'une vaste circulation entre l'équateur et le pôle, à un « courant équatorial » supérieur et à un « courant polaire » inférieur de retour. De fait, aujourd'hui, ces dénominations elles-mêmes sont abandonnées, depuis que les résultats des observations du Père Dechevrens, étendus ensuite à l'Europe et à toute la zone tempérée, ont montré avec évidence un immense courant d'ouest à est, établi dans les couches supérieures de l'atmosphère.

Dès 1877, le Père Dechevrens pressentait la chose, car voici ce qu'il écrivait dans un mémoire intitulé *Recherches sur la variation des vents à Zi-ka-wei* : « Les observations des nuages supérieurs montrent qu'il existe, au-dessus de l'horizon de Zi-ka-wei et dans les hautes régions de l'atmosphère, un fleuve aérien s'écoulant de l'ouest à l'est. Ce qui donne à ce fait une très grande importance, c'est que les vents d'ouest proprement dits sont presque nuls à Zi-ka-wei » (p. 23). Zi-ka-wei est à la limite de la zone tropicale et de la zone tempérée, par 31° de latitude nord.

C'est en 1885, dans un mémoire sur la *Direction des cirrus à Zi-ka-wei, d'après huit années d'observations*, que le Père Dechevrens établit définitivement l'existence d'un grand courant supérieur d'ouest à est, au-dessus de l'Asie orientale. Le rôle qu'il osa assigner à ce courant dans l'économie générale des mouvements de l'atmosphère terrestre est considérable. Il le regarda d'abord comme une déviation du contre-alizé de sud-ouest, venu originairement de l'océan Indien équatorial. Ce courant s'abaisse vers le Pacifique, en continuant sa rotation par le nord ; parvenu à la surface de la mer, sous le Japon, il revient ensuite à l'équateur comme alizé de nord-est.

Ce qui se passait ainsi au-dessus de l'Asie orientale par rapport au Pacifique, le Père Dechevrens le soupçonnait et l'indiquait, au-dessus des contrées orientales des États-Unis d'Amérique, par rapport à l'Atlantique.

L'alizé de N.-E., dans notre hémisphère, ne serait donc plus, comme on le croyait alors et comme on le répète encore parfois, le courant de retour descendu du pôle et dévié au S.-W., à partir du 35e degré de latitude, par la rotation du globe. La circulation atmosphérique provoquée par l'excès de chaleur, à l'équateur, serait strictement limitée à la zone tropicale ; l'air ascendant de l'équateur ne tarderait pas à y faire retour, comme courant de S.-W., d'W. et de N.-W., dans les hautes régions, comme courant de N., de N.-E. et d'E. dans les régions inférieures.

Cet ensemble d'idées était nouveau et hardi, à l'époque où il fut émis ; appuyé sur des observations irrécusables et de grand poids, il excita le zèle des observateurs en Europe, comme en témoigne ce passage du *Rapport de la Commission internationale des Nuages* (1903) : « Le R. P. Marc Dechevrens a démontré le premier, en 1885, que la direction moyenne des nuages supérieurs est constamment de l'ouest dans la zone tempérée (en Asie). Comme nous l'avons dit plus haut, nous avons, depuis la même année 1885, trouvé la même chose pour l'Europe et d'autres parties des zones tempérées. »

Le fait est donc pleinement admis aujourd'hui. M. Bernard Brunhes, directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme, écrivait dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, du 30 mai 1904, en rendant compte de l'important ouvrage de MM. H. Hildebrandsson et L. Teisserenc de Bort sur *Les Bases de la météorologie dynamique*, et en citant leurs propres expressions : « Au delà de la région des calmes tropicaux, commence la circulation propre de la zone tempérée où l'air tourne constamment de l'ouest à l'est, ainsi que l'a établi pour la première fois le Père Dechevrens. »

Adoptant jusqu'au bout les déductions auxquelles le Père Dechevrens avait été amené, par l'étude de l'atmosphère de Zi-ka-wei, le *Rapport de la Commission internationale des Nuages* et les *Bases de la Météorologie dynamique*, qui reproduisent intégralement ce rapport, concluent ainsi la discussion des observations de nuages faites sur tous les points du globe : « Au-dessus des alizés il règne un contre-alizé du S.-W. sur l'hémisphère boréal. Ce contre-alizé ne dépasse pas la limite polaire de l'alizé; il est dévié de plus en plus à droite pour devenir un courant de l'ouest, au-dessus de la crête du maximum barométrique des tropiques (entre 30° et 35° de latitude), où il descend pour alimenter l'alizé. »

En même temps qu'il poursuivait l'étude des mouvements généraux de l'atmosphère, le Père Dechevrens faisait d'intéressantes et importantes recherches sur les perturbations de l'équilibre atmosphérique, dues aux grands mouvements tourbillonnaires, et sur les curieux phénomènes de température qui les accompagnent.

En dehors des variations lentes et graduelles qui proviennent de la succession des saisons, toutes les variations accidentelles du temps, parfois si brusques et si considérables, sont occasionnées par le passage incessant de tourbillons de vaste étendue, dans la direction de l'est ou du nord-est. De toutes ces variations, les plus importantes, parce que les autres n'en sont guère que la conséquence, sont celles de la température de l'air. Le Père Dechevrens en a fait, depuis vingt ans, une étude persévérante.

Ses idées étaient déjà faites, en 1886, lors de la publication de son premier mémoire sur cette importante question. Mais les rapides conquêtes faites, en ces dernières années, sur la haute atmosphère, grâce à l'emploi des ballons-sonde, ont ramené à l'ordre du jour plus d'un point traité par le Père, à cette époque déjà lointaine. Les découvertes les plus récentes paraissent bien confirmer ses vues sur la constitution des tourbillons atmo-

sphériques, en même temps qu'elles corroborent les critiques adressées par lui à la théorie mécanique des cyclones.

Dans cette théorie, généralement acceptée par les météorologistes d'Europe, on admet que les températures différentes observées dans les cyclones et les anticyclones sont l'effet des mouvements de l'air, mais des seuls mouvements verticaux : l'air se refroidirait par le fait qu'il monte et se réchaufferait par le fait qu'il descend.

Le Père Dechevrens fait remarquer que ce serait vrai si l'élévation de l'air, d'un côté, était due à un excès de température, et sa descente à un déficit sur la normale. Mais tel n'est pas le cas. L'air ne s'élève, dans le cyclone, quelle que soit sa température initiale, qu'à la suite d'une forte diminution de la pression, occasionnée dans une région moyennement élevée, par la cause génératrice de tout le trouble atmosphérique considéré. Or, ce trouble s'est propagé aussi bien dans les masses supérieures que dans les masses inférieures, donnant ainsi lieu à la formation de deux tourbillons symétriques superposés. On pourrait donc attribuer le refroidissement dont il s'agit aussi bien au courant descendant qu'au courant ascendant, ce qui impliquerait contradiction dans la théorie.

D'autre part, l'air ne descend, dans l'anticyclone, indépendamment de sa température actuelle, que parce que, sous l'action de la même cause perturbatrice, les masses aériennes, expulsées de la région cyclonique, sont venues s'accumuler sur un autre point de la couche moyenne ; l'excès de pression qu'elles y exercent les a réchauffées et les contraint, en même temps, à s'élever et à s'abaisser le long de la même verticale. Ici encore, on devrait donc, contradictoirement, attribuer ce réchauffement aussi bien au courant ascendant qu'au courant descendant. Il est évident, d'ailleurs, que le réchauffement précède ici la descente et ne la suit pas : il ne la suit pas, en fait, puisqu'on observe au pied de la colonne descendante, non un excès, mais un sensible déficit de la température.

De plus, le Père Dechevrens fait observer que le résultat thermique qu'on devrait naturellement attendre du courant ascendant cyclonique et du courant descendant anticyclonique est contraire à celui que lui assigne la théorie mécanique. En effet, ces deux courants verticaux ont pour objet et doivent avoir pour résultat immédiat de rétablir l'équilibre de pression, troublé dans la région moyenne, le courant ascendant en relevant la pression et par suite la température, le courant descendant en abaissant pression et température, sur tous les points où pression et température ne sont pas normales. Le Père conclut donc assez logiquement, semble-t-il, que le refroidissement qui a lieu à la tête du cyclone par basse pression et au pied de l'anticyclone par haute pression, est l'effet de la dispersion horizontale d'air qui s'y produit, tandis que le réchauffement observé à la tête de l'anticyclone et au pied du cyclone est l'effet de la concentration horizontale des masses d'air affluentes. D'ailleurs, les ballons-sonde ont fait connaître que dans les très hautes régions, entre 15 000 et 20 000 mètres d'altitude, il fait beaucoup plus froid au-dessus de l'anticyclone qu'au-dessus du cyclone. Cette importante constatation semble justifier les deux assertions du Père Dechevrens, relatives à l'existence d'un tourbillon supérieur renversé et à l'efficacité des mouvements horizontaux pour modifier les températures.

Ajoutons enfin que les cirrus et leurs mouvements ont fourni au Père de curieuses particularités, cadrant fort bien avec la théorie des deux tourbillons et explicables par les seuls mouvements horizontaux de l'air. Les idées émises par le Père Dechevrens ont, sur ce point encore, fait leur chemin. Tout récemment, M. Helm Clayton, le célèbre météorologiste américain, disait dans un mémoire intitulé *Recherches sur la température dans les cyclones et anticyclones de la zone tempérée :* « Le Père Marc Dechevrens a été le premier à signaler des observations qui

tendaient à combattre l'opinion, alors courante, que les cyclones étaient des aires de chaleur (dans toute leur hauteur). Ses résultats montrent que, sur les plaines, la température s'élève quand la pression diminue. Pour les sommets de montagnes, ses résultats prouvent d'une façon aussi décisive que c'est le contraire qui a lieu et que la température tombe en même temps que la pression. »

A l'occasion de la réunion du Congrès météorologique d'Innsbrück, en septembre 1905, le Père Dechevrens a résumé, dans un nouveau mémoire, ses divers arguments en faveur de sa théorie hydrothermodynamique des cyclones et exposé son opinion sur les causes probables de ces grands troubles atmosphériques. Il y voit le résultat d'une lutte engagée par les forces atmosphériques pour rétablir l'équilibre des pressions et des courants, troublé par l'inégale distribution des températures entre les mers et les continents, à la surface de notre hémisphère.

Comme corollaire de ces études, signalons un intéressant instrument inventé par le Père Dechevrens, l'anémomètre universel.

Dès 1881, pour contrôler les observations et les recherches qu'il faisait à Zi-ka-wei, le Père Dechevrens avait imaginé une girouette spéciale, ou *inclinomètre*, destinée à mesurer l'angle fait avec l'horizon par les courants d'air ascendants ou descendants. L'instrument n'était point parfait ; de plus, s'il indiquait la direction des courants, il n'indiquait pas leur vitesse.

En 1885, l'inclinomètre était remplacé par le *clino-anémomètre* ou *anémomètre universel* (Fig. 40). Cet anémomètre se compose de trois parties principales. Un moulinet, analogue au moulinet Robinson, mais formé de coupes hémi-cylindriques verticales, est mis en mouvement par les courants d'air horizontaux à l'exclusion des autres ; les courants verticaux, de leur côté, agissent sur un second moulinet à palettes plates inclinées à environ 45°, deux par deux, dans des directions perpendiculaires ; enfin

deux roues verticales à ailettes servent à orienter toujours la barre supportant les deux moulinets dans une direction perpendiculaire à celle du vent, de façon à ce qu'ils ne s'influencent pas mutuellement. Des contacts électriques

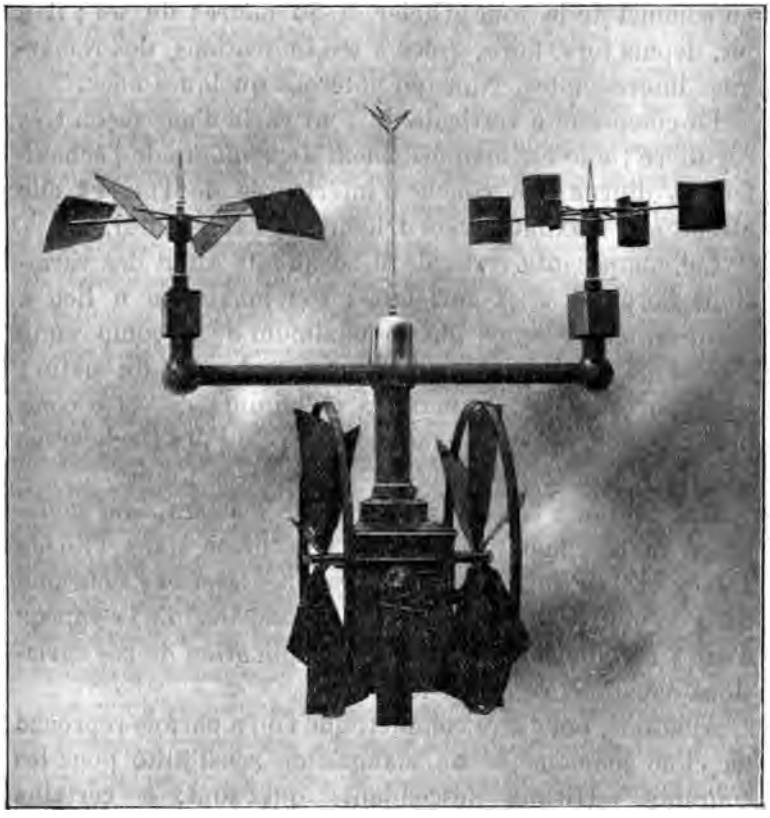


Fig. 40. — Anémomètre universel Dechevrens.

permettent d'enregistrer séparément la direction du vent, sa composante horizontale et ses deux composantes verticales, ascendante ou descendante, avec leurs vitesses relatives.

Le clino-anémomètre installé à Zi-ka-wei sur une tour en bois de 40 mètres de hauteur, fournit au Père Deche-

vrens les éléments d'un mémoire sur l'inclinaison des vents, paru en 1887. En 1889, un exemplaire de l'instrument était placé sur la Tour Eiffel, mais malheureusement dans d'assez mauvaises conditions. En 1894, le Père Dechevrens installait lui-même le clino-anémomètre à Jersey, au sommet de la tour d'acier, à 50 mètres du sol ; il a pu, depuis lors, faire, grâce à ses indications, des remarques intéressantes. Nous en noterons quelques-unes.

La composante verticale du vent varie d'une façon très régulière ; elle est manifestement dépendante de l'échauffement diurne des couches inférieures de l'air et elle atteint son maximum vers 1 heure de l'après-midi.

La composante verticale descendante subit des variations horaires assez curieuses ; son maximum a lieu à midi, en même temps que le maximum de la composante ascendante ; son minimum a lieu à 4 heures du matin ; le rapport des vitesses maxima et minima de cette composante est à peu près exactement 4. Le Père Dechevrens avait déjà constaté semblables résultats en Chine.

Des courants verticaux ascendants existent, non seulement en été, mais même en plein hiver, dans l'île de Jersey et, par suite, on ne saurait négliger ces courants dans l'étude des variations de la tension de la vapeur d'eau ; ils donnent au contraire l'explication de ces variations dans les îles et sur les côtes.

Ajoutons, pour être complet, que l'on a parfois reproché au clino-anémomètre un manque de sensibilité pour les courants verticaux descendants, qui sont, à certains moments, excessivement faibles. Une série d'observations assez longue permettra sans doute d'éliminer cette cause d'erreur.

Dans un autre ordre d'idées, on doit au Père Dechevrens une méthode simplifiée, dite *des Facteurs*, pour le calcul des séries de Fourier et de Bessel, lorsqu'on les applique à la météorologie.

Ces séries permettent de décomposer les courbes météo-

rologiques périodiques en leurs éléments constitutifs ; elles permettent également d'interpoler de nouvelles valeurs dans la série des observations et de corriger même les séries d'observations un peu défectueuses. Mais leur maniement n'est pas sans difficulté ; leur calcul par la méthode naturelle ou trigonométrique est fastidieux et donne lieu à bien des erreurs.

Dès avant 1890, le Père Dechevrens s'était préoccupé d'abréger ce laborieux calcul et de simplifier le mécanisme des formules employées. Dans une communication à l'Académie des Sciences de Paris, le 19 mai 1890, il exposa la théorie des transformations à faire subir à la formule de Bessel pour l'amener à ne plus exiger, dans sa résolution, que des opérations arithmétiques, additions et multiplications. La théorie et la pratique de ces transformations ont depuis été données par le Père Dechevrens dans deux Mémoires à l'Académie des *Nuovi Lincei* de Rome (Vol. XVI et XVII, 1899 et 1900). Des tables et un interpolateur à cadran permettent très simplement de calculer, corriger et interpoler les séries météorologiques usuelles de 3, 6, 12, 24, 36 observations. La méthode est désormais à la portée de tous les calculateurs.

Pour terminer, nous dirons quelques mots d'un instrument que le Père Dechevrens a combiné et étudié, durant ses courts instants de loisir, le *Campylographe* (1).

Le campylographe, dans sa conception première, devait se borner à tracer les courbes de Lissajous, courbes qui résultent de deux mouvements rectilignes pendulaires rectangulaires. Il s'est d'abord transformé en un instrument plus général et de plus grande portée, par l'addition d'un troisième mouvement circulaire uniforme, celui du plan d'inscription de la résultante des deux mouvements précédents. Puis, en faisant guider les règles directrices par leurs deux extrémités, et en donnant à ces deux extré-

(1) Voir : REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XLIX, p. 22 ; et ANNALES DE LA SOC. SCIENT., t. XXVI, sec. partie, p. 41.

mités des mouvements différents, tout en conservant la rotation du plateau d'inscription, l'inventeur est arrivé à réaliser un campylographe donnant la résultante de cinq mouvements.

Au point de vue géométrique, le campylographe présente de l'intérêt : il dessine à volonté les diverses courbes usuelles, puis le groupe des épi- et hypocycloïdes, leurs courbes parallèles et leurs conchoïdes, le groupe encore des scarabées, des foliums et de leurs conchoïdes ; le tout dans des conditions graphiques déterminées. Des différences de phase, introduites dans l'un des mouvements, donnent des courbes décalées, qui, regardées stéréoscopiquement, présentent un relief admirable.

OBSERVATOIRE DE TORTOSE (1)

L'Observatoire de Tortose, ou, comme il est plus spécialement nommé, l'Observatoire de l'Ébre, est situé près de la ville de Tortose, à l'embouchure de l'Ébre, au-dessus de la délicieuse vallée du fleuve. C'est le plus récemment fondé des observatoires de la Compagnie de Jésus, car son inauguration ne date que de septembre 1904, mais c'est l'un des plus intéressants par son but très spécial et son aménagement perfectionné. Le fondateur et premier directeur en est le Père R. Cirera, ancien directeur du service magnétique à l'Observatoire de Manille, et auteur de travaux techniques appréciés sur le magnétisme dans les Philippines.

L'Observatoire de l'Ébre (Fig. 41) est composé, suivant la méthode aujourd'hui classique, de pavillons séparés, au nombre de six, espacés sur une colline offrant des conditions géologiques très favorables. Son objet principal est

(1) Observatorio del Ebro, Tortosa (Espagne).

FIG. 42. — OBSERVATOIRE DE L'EBRE, A TORTOSE.
PAVILLON ÉLECTRO-MÉTÉOROLOGIQUE.

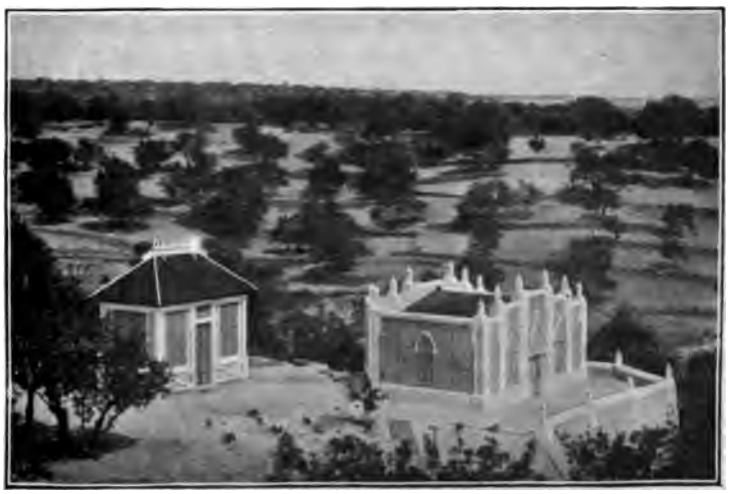


FIG. 43. — OBSERVATOIRE DE L'EBRE, A TORTOSE.
PAVILLONS MAGNÉTIQUES.

l'étude du magnétisme considéré en lui-même et dans ses relations avec les phénomènes électriques de l'atmosphère et les phénomènes d'activité solaire (Pl. XII, fig. 42). Accessoirement et comme complément des études précédentes, l'Observatoire enregistrera les éléments météorologiques principaux, les mouvements microsismiques du sol ; enfin il s'occupera d'une façon suivie de la polarisation de la lumière atmosphérique.

Fig. 41. — Observatoire de l'Ebre, à Tortose.
1. Maison d'habitation. 2. Pavillon électro-météorologique. 3. Appareils météorologiques à l'air libre. 4. Néphoscope de réfraction. 5. Pavillon sismique. 6. Pavillon astrophysique. 7. Pavillon pour les observations magnétiques absolues. 8. Pavillon des instruments magnétiques enregistreurs.

Nous décrirons successivement chacune de ces sections.

Section magnétique. — La section magnétique comprend deux pavillons séparés (Pl. XII, fig. 43). Le premier renferme, dans une cave à deux salles, deux séries complètes d'instruments de variation de M. Mascart ; l'un est un magnétographe à enregistrement photographique, l'autre un instrument à lecture directe. L'enregistreur utilise l'acétylène, et l'inscription se fait sur un cylindre déroulant deux centimètres à l'heure. Le second pavillon est destiné aux déterminations magnétiques absolues. Un magnétomètre unifilaire du modèle de Kew donne la déclinaison et la composante horizontale ; l'inclinaison est

mesurée au moyen de l'*inclinations-inductor* du modèle de Potsdam.

Section astrophysique. — A cette section est réservé un pavillon en forme de croix. Au centre une coupole mobile abrite une lunette équatoriale double, avec objectifs visuel et photographique de 162 millimètres. L'instrument, construit par Mailhat, servira à l'étude des taches et protubérances. Dans les ailes de ce pavillon sont installés un cercle méridien (Pl. XIII, fig. 44) pour la détermination de l'heure, accompagné de deux pendules, l'une sidérale avec balancier Rieffler, l'autre de temps moyen, distribuant électriquement l'heure à tous les pavillons; un spectrogoniomètre à réseau Rowland avec chambre photographique, utilisé pour mesurer la vitesse radiale des éruptions solaires par le déplacement des raies du spectre ; enfin un spectro-héliographe à deux fentes, système Evershed, permettant d'isoler une radiation déterminée du spectre, et de photographier ainsi en lumière monochromatique toute la surface solaire. Sur les plaques fournies par ce dernier instrument, la chromosphère a 60 millimètres de diamètre. Un sidérostat polaire sert à maintenir sur le spectroscope un faisceau de rayons de direction constante.

Section électrique. — Cette section occupe un quatrième pavillon. Le potentiel électrique de l'air est mesuré au moyen de deux électromètres à quadrants, système Mascart, de sensibilités différentes : l'un, très sensible, destiné aux observations ordinaires; l'autre, à aiguille plus lourde, pour enregistrer les potentiels élevés. Deux galvanomètres enregistreurs Deprez-d'Arsonval servent à mesurer les courants telluriques dans deux directions perpendiculaires. Un céraunographe, du modèle construit et employé à l'Observatoire de Kalocsa, par le Père Fényi, est utilisé pour l'enregistrement des orages électriques. Enfin, la déperdition de l'électricité est étudiée avec les appareils et suivant la méthode de Elster et Geitel. De plus, un

Fig. 44. — Observatoire de l'Ebre, a Tortose.
Cercle méridien, par Mailhat.

appareil de Gerdien donne le rapport du nombre des ions positifs à celui des ions négatifs dans l'air libre (Fig. 45).

Section météorologique. — Une partie du pavillon électrique est attribuée à cette section et comprend baromètres et barographes, actinomètres divers. Des abris extérieurs renferment thermomètres et psychromètres. Un cinquième pavillon sert à l'étude des nuages, au moyen d'une herse néphoscopique de M. Bessons et d'un néphoscope à réfraction. Un photopolarimètre Cornu, à monture azimutale et zénithale, permet de faire des observations sur la lumière atmosphérique.

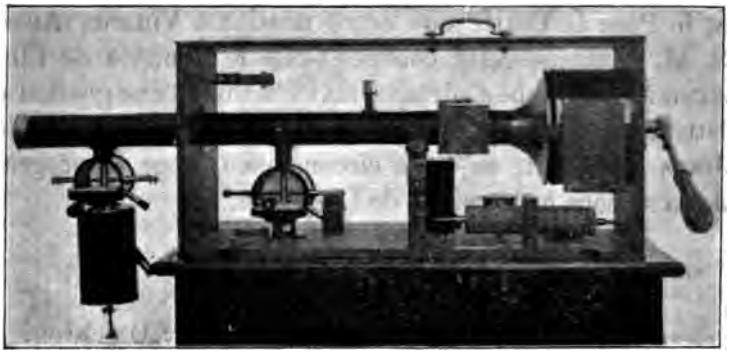


Fig. 45. — Observatoire de l'Ébre, à Tortose.
Appareil de M. Gerdien pour l'étude de l'ionisation de l'air.

Section sismologique. — Un sixième pavillon, en grande partie souterrain, abrite un microsismographe à trois composantes, de Vicentini, et les pendules horizontaux de Grablovitz.

On voit que rien n'a été négligé par le Père Cirera pour faire de l'Observatoire de l'Ébre un observatoire astrophysique de premier ordre. Pour être une science nouvelle, la physique cosmique n'en est pas moins appelée à de hautes destinées ; les relations de l'activité solaire avec la plupart des phénomènes météorologiques et magnétiques de notre globe, pour n'être encore guère connues dans leurs lois, n'en sont pas moins indiscutables. Aussi com-

prend-on les espérances que beaucoup fondent sur l'étude d'un astre qui régit nos saisons et leurs variations décourageantes.

Souhaitons donc longue vie et brillant avenir au jeune observatoire créé pour faire progresser cette science qu'un de nos astronomes a récemment nommée « *la météorologie de l'avenir* ».

A l'occasion de l'éclipse solaire du 30 août 1905, phénomène qui, pour la première fois, visitait un observatoire, en la personne de celui de Tortose, de précieuses observations y ont été faites par un groupe de Jésuites. De plus, le Père J. Algué dirigeait une mission à Palma, et le Père L. Cortie une autre mission à Vinaroz. Aussi S. M. Alphonse XIII chargea-t-elle le ministre de l'Instruction Publique d'adresser au Père Cirera une gracieuse lettre, pour le remercier de tout ce que la Compagnie de Jésus avait fait, en cette circonstance, pour le progrès de la science et le renom de l'Espagne.

OBSERVATOIRE DE CLEVELAND (1)

I

HISTORIQUE

C'est en 1895 que les Pères du Collège St-Ignace de Cleveland, dans l'Ohio (États-Unis d'Amérique), décidèrent de fonder un petit observatoire météorologique. Il fut équipé comme les stations de 1re classe du Bureau central météorologique de Washington ; le Père F. Odenbach en fut nommé directeur.

(1) Ignatius' College Observatory, Cleveland (Ohio), États-Unis d'Amérique.

Le but principal assigné à l'Observatoire était l'étude de l'électricité atmosphérique et des nuages de la haute atmosphère. Sans négliger l'observation des données ordinaires, l'Observatoire a, depuis dix ans, poursuivi sa tâche avec un succès croissant. Son histoire n'offre, du reste, aucune péripétie bien saillante ; mais ses travaux nous arrêteront plus longtemps.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire est au cinquième étage de la tour qui, d'un côté, limite la belle façade du Collège St-Ignace (Fig. 46). Là se trouvent trois

Fig. 46. — Collège de Cleveland.

salles : l'une sert aux instruments météorologiques, la seconde de bibliothèque, la troisième de chambre noire pour la photographie. Un sixième étage contient une salle, percée de fenêtres de tous côtés et d'où l'on commande tout l'horizon, chose précieuse pour l'observation des nuages,

L'équipement météorologique comprend baromètres et barographes, thermomètres et thermographes, anémomètre Robinson à contacts électriques, girouette à contacts, héliographes, pluviomètre enregistreur, électroscope spécial avec tige extérieure pour la mesure du potentiel de l'électricité atmosphérique, néphoscope, météorographe et céraunographe.

La plupart de ces instruments sont du modèle du *Weather Bureau*. Les deux derniers sont de l'invention du Père Odenbach et fabriqués par lui-même.

Au moyen de contacts électriques et d'électro-aimants guidant les plumes, le météorographe enregistre sur un tambour horizontal faisant un tour en une semaine, la quantité de soleil, la vitesse et la direction du vent. Sa marche est parfaite.

C'est au Père Odenbach que le céraunographe doit son nom, destiné à rappeler son rôle d'enregistreur d'éclairs. Nous avons raconté, dans la notice sur l'Observatoire de Kalocsa, comment, à la suite d'une communication faite par M. Ducretet de Paris à l'Académie des Sciences, divers auteurs, entre autres le Père Schreiber, avaient utilisé les propriétés connues du cohéreur Branly, pour capter les ondes électriques émanées d'éclairs lointains, et les enregistrer. Étudié par le Père Odenbach pendant plusieurs années, le céraunographe s'est peu à peu transformé entre ses mains ; de multiples perfectionnements en ont fait un instrument sensible et docile. Voici les particularités les plus intéressantes du dernier modèle (Pl. XIV, fig. 47).

Tout d'abord, le cohéreur à limaille est complètement abandonné ; il est remplacé par des baguettes de graphite posées sur deux épingles d'acier oxydé. La sensibilité est plus considérable avec deux ou trois baguettes qu'avec une seule. Le Père Odenbach emploie d'ordinaire deux cohéreurs de sensibilité différente et deux relais, avec bobines de résistance différente. En temps ordinaire, pour

déceler les orages lointains, on met en circuit le cohéreur le plus sensible à quatre baguettes, avec un relai de 1000 ohms. On parvient de cette façon à enregistrer des éclairs distants de près de mille kilomètres. Lorsque l'orage est parvenu dans un rayon de 150 à 250 kilomètres, les ondes électriques arrivent avec beaucoup plus de facilité : c'est alors un bruit assourdissant produit par les chocs multipliés du décohéreur. A ce moment on met en circuit un cohéreur formé d'une seule baguette, avec un relai de 150 ohms. L'instrument n'enregistre plus désormais que les éclairs les plus violents.

En moyenne, le céraunographe signale les orages onze heures d'avance ; il en a signalé un vingt-neuf heures avant son arrivée. Les tracés (Pl. XIV, fig. 48) ont donné lieu à quantité de remarques intéressantes sur les éclairs ou les décharges électriques lentes, les premiers qui accompagnent les orages, les secondes qui précèdent les chutes de pluie ou de neige.

Le Père Odenbach emploie un fil de terre, mais, comme antenne collectrice, se sert simplement du motif de cuivre qui surmonte la tour de l'Observatoire.

Une chose curieuse, décelée par le céraunographe, c'est que, longtemps avant l'arrivée d'un orage, l'éther entre déjà en vibration ; dans ces conditions, en effet, une étincelle produite à proximité du cohéreur, et bien trop faible d'ordinaire pour l'influencer, le fait immédiatement entrer en activité. Le fait est à rapprocher de la sensibilité exagérée d'un cohéreur placé dans un champ magnétique.

Travaux. — En 1896-97, l'Observatoire de Cleveland a été l'une des stations choisies aux États-Unis par le *Weather Bureau*, pour l'étude générale des nuages, proposée par le Congrès International d'Upsal, en 1894.

Depuis, outre ses observations sur l'électricité atmosphérique, le Père Odenbach s'est employé à vérifier et à compléter *la loi des courants cycloniques aux différentes altitudes*, proposée, en 1877, par le Père Benoît Viñes, le

fondateur de l'Observatoire de la Havane. Il poursuit également des travaux intéressants de mesure sur la hauteur des nuages. La méthode qu'il emploie est originale et vaut la peine d'être signalée.

D'ordinaire, la hauteur des nuages se mesure pendant la journée, au moyen de deux observateurs qui, munis chacun d'un théodolite et placés aux deux extrémités d'une base de longueur connue, observent simultanément un nuage donné. Le Père Odenbach travaille la nuit, avec un seul théodolite et une base de 8 kilomètres. Voici dans quelles conditions. Au sud-est de l'Observatoire est une usine de fabrication d'acier. Un convertisseur Bessemer en activité projette la nuit, sur les nuages, une lueur intense. Quelquefois, cette lueur forme directement au-dessus du foyer une tache lumineuse bien délimitée ; à d'autres moments, il se produit sur le ciel une réflexion très régulière qui donne une image exacte de l'ouverture du foyer et des flammes qui en sortent. Deux conclusions à tirer : dans le premier cas, le nuage qui sert d'écran est situé directement au-dessus de l'usine ; dans le second cas, suivant les lois de l'optique, le nuage est exactement à la moitié de la distance qui sépare l'usine de l'observateur. Donc, connaissant cette distance, il suffit, dans les deux cas, de pointer le théodolite sur le nuage, de lire l'angle que cette direction fait avec l'horizontale et de résoudre, avec ces deux données, un triangle trigonométrique qui donne la hauteur cherchée.

L'Observatoire du Collège St-Ignace publie chaque année, à la fin de l'Annuaire du Collège, un Bulletin donnant les moyennes météorologiques mensuelles.

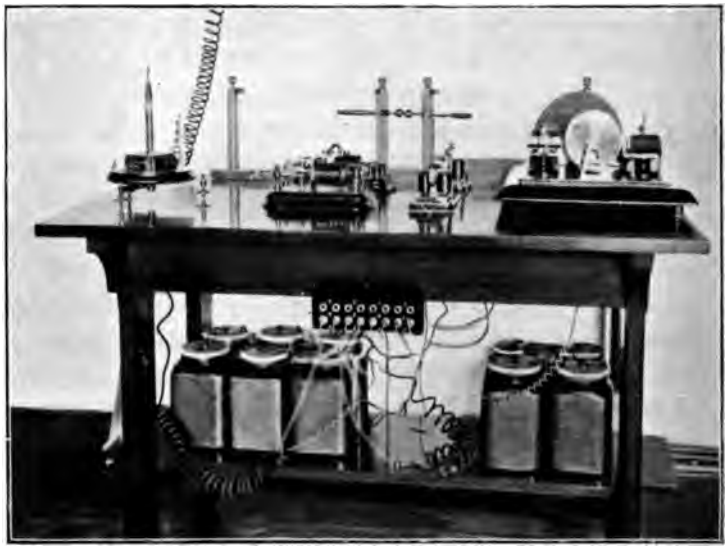


FIG. 47. — CÉRAUNOGRAPHE DU PÈRE ODENBACH.

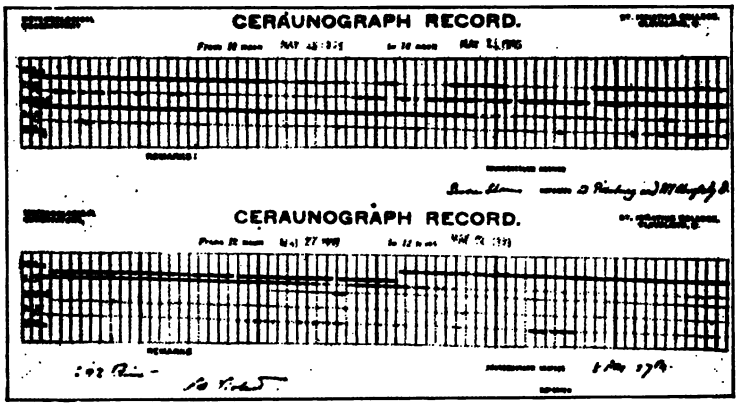


FIG. 48. — TRACÉS ENREGISTRÉS PAR LE CÉRAUNOGRAPHE.

UNIV. OF MICH.

OBSERVATOIRE CREIGHTON A OMAHA (1)

I

HISTORIQUE

L'Observatoire Creighton a une histoire intéressante : il constitue un bon exemple de ces fondations qui se créent, presque sans qu'on y pense, parce que leur utilité finit par s'imposer, et de ces observatoires dont les principaux instruments existent, avant que les quatre murs en soient construits.

Le Collège de la Compagnie de Jésus à Omaha, dans le Nebraska, au centre des États-Unis d'Amérique, fut fondé en 1877 ; il est dû en grande partie aux généreuses libéralités de M. John A. Creighton et se fait un devoir de reconnaissance de porter son nom. Il existait depuis six ans, lorsque le désir vint de le compléter en y installant des cabinets de physique et de chimie, à la hauteur des progrès modernes. Mis au courant de ces projets, M. Creighton signifia son intention de parfaire son œuvre, et mit à la disposition du Collège des sommes considérables. Chargé de l'achat des instruments, le Père A. Lambert s'en acquitta au mieux. Signalons seulement une lunette équatoriale de 12,5 centimètres, pourvue de son mouvement d'horlogerie et de six oculaires, un chronomètre et un théodolite de 17,5 centimètres. C'étaient des pièces dignes de figurer dans un Observatoire : nul pourtant n'avait la moindre idée d'en fonder un.

En 1885, le Père Joseph Rigge vint à Omaha comme professeur de sciences. La vue de l'équatorial le laissa

(1) Creighton University Observatory, Omaha (Nebraska). États-Unis d'Amérique.

rêveur : rouler cette masse dehors, à une certaine distance du Collège, puis y rajuster son mouvement d'horlogerie et faire ensuite tous les menus préparatifs d'une observation, c'était bien du temps perdu et bien des dangers courus par l'instrument. Si l'on voulait en tirer parti, il fallait lui construire un bâtiment spécial, avec coupole mobile, et l'y laisser à poste fixe. Cela s'imposait. Consulté sur cette question, M. Creighton offrit de faire les frais de la construction ; un autre généreux donateur, M. John A. Mac Shane, promit le mouvement d'horlogerie, le chronographe et l'équipement électrique. Sans plus tarder, les plans furent faits et, dès la fin de 1885, s'élevait à une centaine de mètres au nord du Collège un pavillon astronomique avec coupole; bientôt l'équatorial y était fixé sur un solide pilier.

En 1886, la *Howard Clock Company* de Boston installait l'horloge et le chronographe. Le Père Joseph Rigge était absent et ces derniers travaux furent faits sous la direction de son frère, le Père William Rigge.

L'équatorial installé, le Collège se dit qu'il fallait en profiter et que c'en serait faire un bon emploi que de donner l'heure exacte à la ville d'Omaha. Mais il fallait aussi, pour cela, avoir une horloge astronomique et une lunette de transit. M. Creighton promit de donner la lunette si le Collège bâtissait la salle méridienne. La salle fut immédiatement construite à l'est du dôme et reliée à lui par un corridor. Fauth et Cie, de Washington (D. C.), reçurent l'ordre d'exécuter une lunette de transit de 7,5 centimètres avec cercle méridien. L'instrument fut mis en place l'année suivante. Peu après, arrivait une horloge astronomique, et l'Observatoire de Creighton, désormais fondé, était relié télégraphiquement au Western Union Telegraph, de façon à recevoir chaque jour, de l'Observatoire Naval de Washington, les signaux donnant le temps vrai. Un des premiers usages que l'on fit de la ligne fut de déterminer électriquement la longitude de l'Observa-

toire de Creighton, au moyen d'un échange de signaux avec Washington.

Depuis lors, l'Observatoire a continué de vivre et de se perfectionner, en remplissant son double but : permettre aux élèves du Collège une instruction astronomique complète et pratique — pour plusieurs l'équatorial et la lunette méridienne n'avaient plus de secret — et offrir à l'occasion aux directeurs des moyens d'investigation scientifique. Des travaux intéressants y ont été faits à différentes reprises, comme nous allons le voir.

La direction en a été confiée successivement au Père Joseph Rigge, à différents Pères ou laïques, professeurs en même temps au Collège. Depuis 1896, le Père William Rigge s'en occupe avec zèle ; malheureusement, le mauvais état de ses yeux ne lui permet pas de faire toutes les délicates observations auxquelles ses connaissances techniques lui donneraient le droit de prétendre.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire d'Omaha (Fig. 49) comprend deux salles reliées par un passage. Une tour en briques porte une coupole mobile, avec rainure de 45 centimètres de large, ouverte de la base au sommet. La coupole, à roulement, peut s'orienter dans toutes les directions. L'équatorial qu'elle abrite a 12,5 centimètres d'ouverture et 21 centimètres de distance focale ; son axe polaire peut s'incliner à toutes les latitudes. Plusieurs oculaires, un hélioscope le complètent. Il est signé de Steward.

La salle méridienne contient un excellent cercle avec lunette de 7,5 centimètres. Les micromètres permettent de

lire le dixième de seconde, aussi bien en ascension droite qu'en déclinaison.

Dans le passage qui relie les deux salles, une chambre, soigneusement construite de murailles épaisses et faites de matières isolantes, afin d'y conserver une température rigoureusement constante, contient l'horloge astronomique et l'horloge donnant le temps moyen solaire.

Fig. 49. — Observatoire Creighton.

L'Observatoire possède également un altazimut de Steward, un théodolite Gurley, un chronomètre Heinrich, un chronographe Fauth.

Travaux divers. — Nous avons parlé, dans une autre notice, des travaux auxquels le Père William Rigge a coopéré à l'Observatoire de Georgetown.

A Omaha même, il a observé, le 29 juillet 1897, une éclipse annulaire de soleil (ASTRONOMICAL JOURNAL, 24 août 1897). Envoyé en 1900 à Washington, en Géorgie, pour observer l'éclipse totale de soleil du 28 mai, il put noter l'heure exacte des quatre contacts, avec une rare précision (TECHNOLOGY QUARTERLY, septembre 1900).

Dans les ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN de mars 1896

et d'avril 1902, le Père William Rigge a exposé une méthode commode et originale de prévoir graphiquement les occultations au moyen d'un simple diagramme. Nous lui devons une série d'articles, dans POPULAR ASTRONOMY, sur les Jésuites astronomes et leurs observatoires, où nous avons à plusieurs reprises puisé d'intéressants documents.

Enfin le Père a publié, dans différents journaux locaux, des articles de vulgarisation scientifique, en nombre considérable.

Aussi n'est-ce point sans raison que M. W. E. Chandler, dans un discours devant le Sénat des États-Unis, en avril 1900, rangeait l'Observatoire Creighton au nombre des 61 observatoires principaux des États et que la Smithsonian Institution l'inscrit sur son catalogue universel des observatoires.

OBSERVATOIRE DE VALKENBERG (1)

I

HISTORIQUE

Bien qu'envoyant, depuis quelque temps, des observations météorologiques au Bureau central de Hollande, l'Observatoire de Valkenberg est absolument privé. Il a été fondé dans l'automne de 1896, au Collège St-Ignace, qui sert de maison d'études théologiques à de jeunes religieux de la Compagnie de Jésus. Le but principal que se proposaient ses fondateurs était l'observation des étoiles variables. On sait le renouveau qui a été donné à cette branche de

(1) Ignatius Collegium, Sternwarte, Valkenberg (Limburg-Hollande).

l'astronomie par le Père J. Hagen, directeur de l'Observatoire de Georgetown, aux États-Unis. Le Père Hagen a entrepris, en 1889, la publication d'un grand Atlas des Étoiles variables, aujourd'hui classique. Dans la préface de cet ouvrage, le Père mentionne l'active part de collaboration qui est due aux observateurs de Valkenberg. Ceux-ci furent successivement le Père Joseph Hisgen de 1897 à 1902, le Père Michel Esch de 1898 à 1902, le Père Alfred Baur de 1902 à aujourd'hui.

De 1897 à 1898, la direction de l'Observatoire de Valkenberg appartint au Père Hisgen ; depuis 1898 au Père Baur.

En juin 1901, on créait à Valkenberg une station météorologique, dont les résultats mensuels étaient centralisés au *Koninklijk Nederlandsch Instituut*. Depuis 1904, des observations régulières se font trois fois par jour pour les éléments habituels et sont transmises, au moins en partie, à l'Institut royal d'Utrecht.

Le Père Esch est, en ce moment, assistant du Père J. Fényi, à l'Observatoire de Kalocsa, en Hongrie.

II

TECHNIQUE

La coupole qui forme la partie la plus importante de l'Observatoire de Valkenberg, se trouve dans l'aile orientale du Collège St-Ignace (Fig. 50) et surmonte une tour d'une trentaine de mètres d'élévation. Pour assurer la stabilité nécessaire, l'aile est construite en maçonnerie massive et munie de contre-forts.

La coupole a cinq mètres de diamètre ; elle abrite un équatorial de 23 centimètres d'ouverture et de 290 centimètres de distance focale (Fig. 51). L'équipement parallactique est de Saegmüller (Fauth et Cie) de Washington,

l'objectif de Clacey. Les parties massives de l'instrument sont en bronze d'aluminium, les tubes en tôle mince; aussi

Fig. 50. — Collège et Observatoire de Valkenberg.

la légèreté de l'ensemble constitue-t-elle une nouveauté fort appréciable.

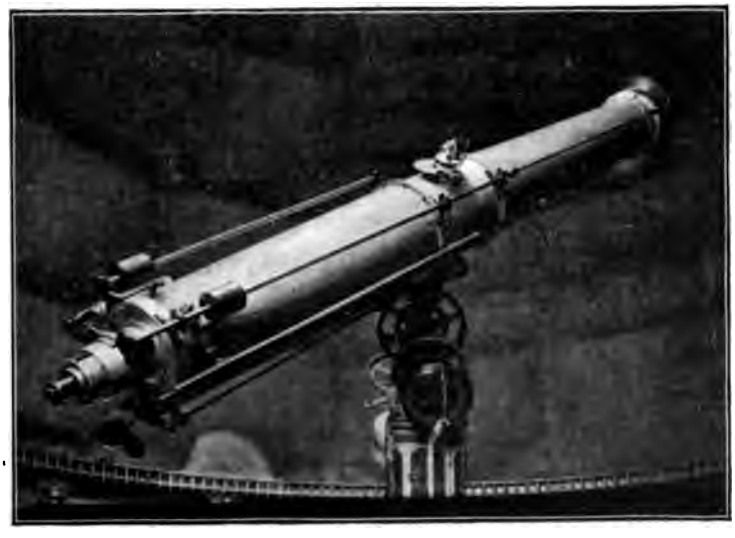


Fig. 51. — Observatoire de Valkenberg. Équatorial.

Deux cercles horaires et deux cercles de déclinaison, munis de verniers, permettent de trouver immédiatement

et sans hésitation un corps céleste de coordonnées connues. L'appareillage a été décrit par le Père Hagen dans la ZEITSCHRIFT FÜR INSTRUMENTENKUNDE d'avril 1894.

Le chercheur a 5,5 cm. d'ouverture, 20 cm. de distance focale et un champ de 9° de diamètre.

Cet équatorial a été à l'exposition de Chicago ; c'est probablement le premier de fabrication américaine qui ait été installé en Europe.

Valkenberg possède encore une lunette de 15,3 centimètres, signée de Flössl, de Vienne, avec mouvement alt-azimutal, et un théodolite de Breithaupt ; de plus, une horloge sidérale, chronographe à tambour et chronomètres, spectroscope, etc.

Quelques articles dans les ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN sont dus aux Pères Hisgen et Esch. Ce dernier prépare en ce moment la publication de ses observations.

Le Père Xavier Kügler, professeur de Mathématiques au Collège St-Ignace, a publié, dans ces dernières années, d'importants travaux sur l'astronomie des Assyriens, et différents journaux scientifiques en ont, à plusieurs reprises, donné de fort élogieux comptes rendus.

OBSERVATOIRE DE CARTUJA, GRENADE (1)

I

HISTORIQUE

L'Observatoire de Cartuja, près de Grenade, est l'un des plus récents des observatoires fondés par la Compagnie de Jésus (Fig. 52). Il a été construit en 1902 sous la direc-

(1) Observatorio de Cartuja, Grenade (Espagne).

tion du P. Jean Granero, et ses premiers bulletins datent du début de 1903.

Fig. 52. — Collège de Cartuja, Grenade.

Magnifiquement placé dans les montagnes et sous le ciel si pur de l'Andalousie, à 775 mètres d'altitude, cet Obser-

Fig. 53. — Observatoire de Cartuja.

vatoire comprend deux édifices en briques avec chaînes d'angle en pierres. Leur pur style dorique en fait des bâti-

ments fort élégants. Le principal se compose d'une pièce centrale et de quatre ailes (Fig. 53 et 54). La salle centrale, surmontée d'une coupole de 8 mètres de diamètre, contient un splendide équatorial et abrite provisoirement sur son pourtour les instruments sismographiques. L'aile de l'est contient la lunette méridienne ; celle du sud une salle de manipulations photographiques, un atelier mécanique, les chambres des observateurs, etc. L'aile ouest forme une seule salle où sont rassemblés tous les instruments de météorologie. Enfin l'aile nord sert de vestibule

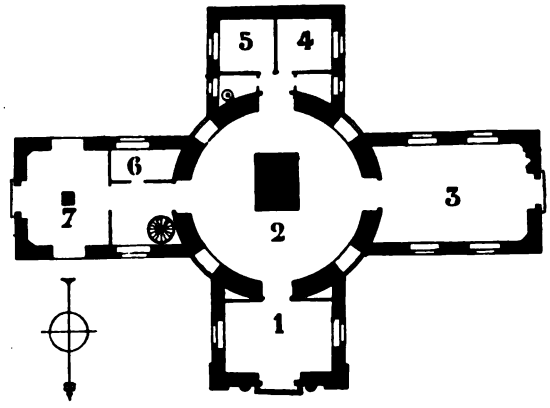


Fig. 54. — Plan de l'Observatoire de Cartuja.

1. Salle d'entrée. 2. Équatorial et sismographes. 3. Enregistreurs météorologiques. 4 et 5. Appartements 6. Laboratoire photographique. 7. Salle méridienne.

d'entrée. Aux quatre angles du bâtiment, des colonnettes supportent les girouettes et les anémomètres dont les indications se transmettent électriquement aux enregistreurs.

A gauche de l'édifice principal, une construction du même genre mais plus petite abrite, sous une coupole, un second équatorial et est aménagée pour les observations spectroscopiques.

L'Observatoire de Cartuja est absolument privé : il a été construit près du scolasticat de la Province de Tolède,

Fig. 55. — Observatoire de Cartuja. Equatorial.

afin de permettre aux jeunes religieux qui se préparent à l'enseignement de se perfectionner dans l'étude théorique et pratique des sciences exactes.

II

TECHNIQUE

Section astronomique. — La pièce la plus importante de cette section est un équatorial de $5^m,35$ de distance focale et de 32 cm. d'ouverture (Pl. XV, fig. 55). Un diaphragme-iris se manœuvrant de l'extérieur peut réduire cette ouverture à 2 cm. seulement ; c'est la première fois que ce dispositif est construit avec de semblables dimensions, et la précision de son fonctionnement fait honneur à M. Mailhat, de Paris.

Une autre amélioration a encore été introduite : la position du micromètre est, comme l'on sait, difficile à régler ; afin de n'avoir pas à l'enlever lorsqu'il n'est pas utile, on a fait adapter à l'équatorial, du côté de l'oculaire, un tube latéral, où un miroir à 45° renvoie les rayons venant de l'objectif, avant leur arrivée au micromètre (Fig. 56). A ce tube peuvent se fixer l'oculaire ordinaire et un spectroscope à 12 prismes. Le plus gros des deux chercheurs de l'équatorial a 109 millim. d'ouverture et on y peut ajuster un appareil photographique.

Signalons, en second lieu, un cercle méridien de Mailhat, sur le cercle vertical duquel deux microscopes à micromètres bifilaires permettent de lire directement les secondes, et un chronographe de Richard qui offre cette particularité que la même plume sert à pointer automatiquement sur le cylindre enregistreur et les secondes et les signaux envoyés électriquement par l'observateur.

Enfin l'Observatoire possède deux télescopes de 16 et 10 cm. d'ouverture, un bon théodolite, un altazimut

construit par Salmoiraghi, de Milan, un spectroscope à 12 prismes, à dispersion variable, construit par H. Grubb, de Dublin, et que l'on peut combiner avec un polyprisme d'Amici, un chronomètre Roskell, un héliostat Silbermann-Pellin, un cœlostat à miroir de 20,3 centimètres de diamètre, de Steward, etc.

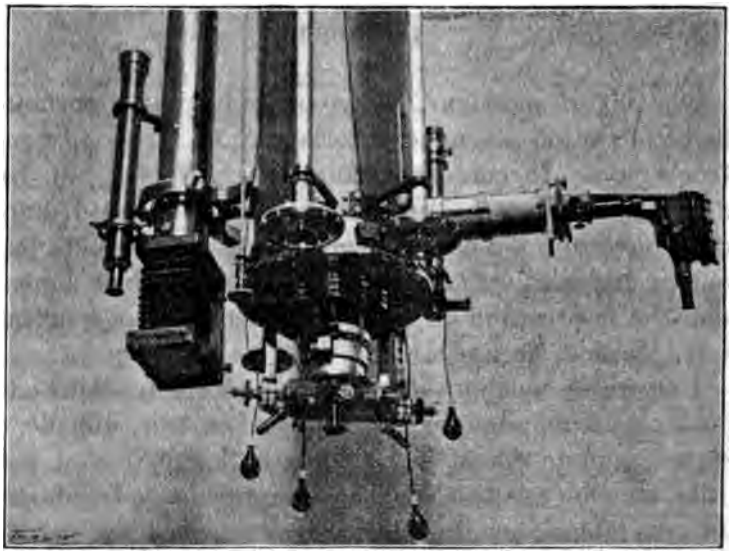


Fig. 56. — Observatoire de Cartuja. Équatorial. Partie oculaire.

Section météorologique. — Les instruments de cette section sont distribués les uns sur la terrasse du bâtiment principal, avec leurs enregistreurs, dans une salle intérieure, d'autres dans des abris situés dans le jardin. Ce sont les baromètres, dont un baromètre normal de 22 millimètres, avec cathétomètre donnant, à la lecture, le centième de millimètre, et un Fortin grand modèle ; des thermomètres, hygromètres des types classiques. Des thermomètres au dixième de degré donnent la température du sol à 10, 20 et 30 cm. de profondeur. Un anémo-cinémographe Richard enregistre la vitesse du vent et totalise les kilomètres parcourus. La direction et la vitesse des

nuages sont déterminées au moyen du néphoscope Finemann-Hildebrandsson. La quantité de pluie, l'évaporation, les heures de soleil sont également enregistrées.

Section géodynamique. — L'Observatoire étudie les mouvements du sol au moyen d'un microsismographe Vicentini, dont les trois pendules pèsent ensemble près de 400 kgr. Le Père Ramon Martinez a fait subir au système enregistreur de cet instrument une intéressante modification. On sait que les vibrations transmises au sismographe s'inscrivent au moyen d'une pointe légère sur une bande de papier enduite de noir de fumée. Dans le cas particulier, cette bande se déroule avec une vitesse de 15 millimètres par minute. Cette vitesse, suffisante pour différencier les courbes représentant des ondulations terrestres lentes et espacées, ne l'est plus quand ces ondulations sont rapides, et la lecture des graphiques surchargés et embrouillés devient très difficile. Voici comment le Père Martinez remédie à cet inconvénient. Un sismoscope auxiliaire, mis en branle par une onde terrestre de direction quelconque, ferme aussitôt un circuit électrique qui commande un moteur de vitesse supérieure à celle du moteur ordinaire entraînant la bande de papier. Celle-ci défile alors avec une rapidité considérable et les traits ne risquent plus de s'y superposer en partie. Au bout de quelques minutes, le moteur à grande vitesse s'arrête automatiquement et le papier reprend son mouvement lent. C'est une élégante conciliation d'économie et d'exactitude.

Bulletin. — Les Directeurs des différentes sections de l'Observatoire, le P. J. Mier pour l'astronomie, le P. R. Martinez pour la météorologie et la physique du globe, et leurs aides publient un Bulletin mensuel contenant des tableaux et un diaire météorologique détaillé, ainsi que des observations sismiques intéressantes. En même temps, on observe journellement la surface solaire, on multiplie les dessins et les photographies de la photosphère, et on poursuit l'étude spectrale des taches et des

protubérances. Nul doute que ce Bulletin et ces observations accumulées ne deviennent, avec le temps, une mine précieuse de documents.

OBSERVATOIRE DE CALCUTTA (1)

L'Observatoire du Collège St-François-Xavier, à Calcutta, est surtout un Observatoire d'astrophysique. Il fut fondé, en 1875, par le R. P. Lafont, recteur du collège, sur les instances de M. Tacchini, alors directeur de l'Observatoire de Palerme, dans le but de coopérer aux travaux du Père Secchi et des autres membres de la Société *degli Spettroscopisti italiani*. Le ciel du Bengale, toujours si pur pendant les mois d'hiver, devait permettre de faire sur le Soleil de précieuses observations, complétant celles faites en Europe.

Une coupole de 7 mètres de diamètre fut installée au-dessus du collège. En 1887, la construction d'un second étage obligea à la déplacer et elle fut transférée dans le jardin, en une position plus commode et plus isolée.

Les instruments principaux sont les suivants : un télescope de 22 cm. d'ouverture par Steinheil, de Munich ; un spectroscope réversible par Browning, de Londres, équivalent à 10 prismes de 60° ; un petit équatorial de 7,5 centimètres ; un petit instrument de passage ; enfin un cœlostat à double miroir par Gautier, de Paris.

D'intéressants travaux pourraient être exécutés avec ces instruments ; malheureusement il a été jusqu'ici impossible aux Supérieurs de la mission du Bengale, de fournir le personnel nécessaire à des observations suivies.

Sous la direction du Père de Clippeleir, quelques Pères du Collège de Calcutta et du Collège St-Joseph de Dar-

(1) St Francis-Xavier's College Observatory, Calcutta.

jeeling, ont observé successivement quatre éclipses de soleil, en ces dernières années : deux éclipses annulaires et deux totales. Une éclipse de chaque espèce a donné des résultats satisfaisants. L'éclipse totale de janvier 1898 a été observée à Dumraon ; les résultats en ont été publiés dans une plaquette de 104 pages, illustrée de 14 gravures. L'éclipse totale de 1901 a été observée à Padang, dans l'île de Sumatra ; mais les nuages ont empêché d'obtenir des résultats bien complets.

OBSERVATOIRE DE BULAWAYO (1)

Au mois de février 1897, le Père V. Nicot commençait une série d'observations météorologiques à Bulawayo, dans la Rhodesia. Il ne possédait, au début, que les instruments absolument indispensables ; les documents qu'il amassa attirèrent pourtant l'attention de la British South Africa Company. La puissante Compagnie avait déjà fondé plusieurs postes météorologiques dans la province de Rhodesia, notamment à Victoria et à Empandeni ; elle fut heureuse de favoriser une bonne volonté privée et, dès 1899, compléta l'équipement du Père Nicot. Les observations se poursuivirent dès lors à Bulawayo, suffisamment détaillées ; elles donnèrent lieu à des remarques intéressantes que le Père réunit, en 1900, dans un rapport lu devant la Rhodesian Scientific Association.

La question se posa bientôt de savoir si un observatoire complet n'aurait pas sa raison d'être à Bulawayo. La ville du Cap possédait, il est vrai, un fort bel observatoire astronomique ; Lovedale, à l'est de la colonie, avait également un poste ; mais l'atmosphère de la Rhodesia, si pure pendant une grande partie de l'année, la position de Bula-

(1) Observatory, Bulawayo, Rhodesia (South Africa).

wayo par rapport à l'équateur, semblaient militer en faveur d'une nouvelle station centrale. Avis pris, les Jésuites anglais, chargés de la mission du Zambèze, décidèrent, en 1902, la création d'un observatoire, modeste au début, mais que l'on s'efforcerait de compléter dans la suite.

On se mit à l'œuvre. La Chartered Company accorda plusieurs lots de terrain, dans les environs de la ville, en bonne situation ; elle fournit même généreusement une partie des fonds nécessaires aux constructions. Au mois de juin 1903, le directeur nommé de l'observatoire naissant, le Père E. Gœtz, arrivait à Bulawayo avec plusieurs caisses d'instruments qu'il s'occupa immédiatement d'installer. Au mois d'août suivant, un assez grand nombre fonctionnaient déjà, en dépit des difficultés inhérentes à semblable travail, en une ville éloignée des grands centres.

Le Père Gœtz s'était longuement préparé à sa tâche, à Paris d'abord, puis dans les Observatoires de Stonyhurst et de Georgetown ; confiant dans l'avenir, il se donna comme programme de poursuivre l'étude météorologique et magnétique de l'ouest de l'État de la Rhodesia, tout en coopérant, pour l'hémisphère sud, aux observations entreprises par le Père Hagen sur les étoiles variables.

Petit à petit, le Père Gœtz remplit ce triple programme. En 1904, au mois de décembre, il était envoyé en mission officielle pour relever les éléments magnétiques d'une partie de la Rhodesia ; dépouillant et classant les documents amassés depuis huit ans, il faisait, dans une série d'articles, une étude assez détaillée sur le climat du pays ; enfin il présentait à la Rhodesian Scientific Association un rapport sur les étoiles variables, indiquant le but poursuivi et les résultats déjà acquis.

L'équipement météorologique de Bulawayo comprend tous les instruments ordinaires, baromètres, thermomètres, pluviomètres, anémomètres, etc., en partie double : instruments à lecture directe et instruments enregistreurs. A

signaler en particulier un *sunshine-recorder* du Professeur Marvin qui donne des résultats intéressants.

L'équipement magnétique comprend deux appareils principaux, boussole d'inclinaison et magnétomètre unifilaire. Les observations sont faites régulièrement.

La Société Royale d'Astronomie de Londres a gracieusement prêté une lunette des passages ; le Père Gœtz dispose en outre d'une bonne pendule astronomique, de plusieurs chronomètres et d'un chronographe. Nous avons dit, dans la notice sur l'Observatoire de Georgetown que, grâce à la générosité d'une amie de la science, le Père aurait bientôt entre les mains un superbe équatorial, au moyen duquel il pourra poursuivre fructueusement ses observations sur les étoiles variables.

Ajoutons que les observations météorologiques faites à Bulawayo ne sont pas les seules dues à des Jésuites, dans l'Afrique du Sud. Depuis plusieurs années, le Père Lebœuf poursuit des observations à Salisbury, au nord de Bulawayo, et le Père Fényi a récemment publié des documents très complets, amassés de 1893 à 1897 par le Père L. Menyhárth, à Boroma et à Zumbo, dans la mission des Jésuites portugais (1).

OBSERVATOIRE DE FELDKIRCH (2)

Le Collège de *Stella matutina* à Feldkirch, dans le Vorarlberg (Tyrol autrichien), possède une station météorologique et quelques instruments astronomiques servant à l'enseignement.

La station météorologique existe depuis 1889 ; les observations usuelles y sont faites régulièrement, avec

(1) *Meteorologische Beobachtungen* von P. L. Menyhárth (Kalocsa, 1904. Im Selbstverlag der Sternwarte).

(2) Stella matutina Collegium, Feldkirch, Vorarlberg, Autriche.

les instruments ordinaires. Parallèlement à ces observations, d'autres étaient faites, depuis une cinquantaine d'années, dans une station météorologique officielle, par un professeur de l'État. Ces séries d'observations ont fourni au Père Joseph Paffrath les éléments de plusieurs publications sur le climat de Feldkirch et des contrées environnantes, de Chur à Bodensee.

A partir du mois de mai 1905, la station météorologique officielle a été transportée dans la maison que les Pères de la Compagnie de Jésus possèdent à Tisis, à un quart d'heure de Feldkirch ; les observations y seront faites régulièrement, et continueront à être collationnées et mises en ordre à Feldkirch.

Le collège possède un équatorial de 15 centimètres, de Merz, pourvu de plusieurs oculaires, d'un spectroscope et d'une pendule.

Au Père Joseph Kolberg (1832-1893), professeur de sciences physiques à Feldkirch, durant plusieurs années avant 1870, puis de 1876 à 1883, on doit un intéressant ouvrage : *Die Mechanik des Erdballs*, et des travaux très complets sur la géologie du Vorarlberg, que la mort l'empêcha malheureusement de parachever.

Le Père Richen, également professeur à Feldkirch, étudie spécialement la flore du Vorarlberg et de Lichtenstein.

OBSERVATOIRE DE GOZO (1)

L'Observatoire météorologique de Gozo commença à fonctionner en août 1882 ; il fut organisé sous la direction du Père Denza, Barnabite, et du Père Philippe Barello, de la Compagnie de Jésus. Jusqu'en 1903, les observations qu'on y recueillait parurent dans le Bulletin de

(1) Meteorological Observatory, The Seminary, Gozo (Malte).

l'Observatoire de Stonyhurst, auquel elles étaient transmises par le Père Scoles. A l'heure qu'il est, les moyennes mensuelles paraissent dans le principal journal anglais de Malte et dans le Bulletin de l'Observatoire de Turin.

Les observations sont faites deux fois par jour, à 9 h. du matin et à 9 h. du soir ; elles comprennent tous les phénomènes météorologiques ordinaires. Les principaux instruments sont un anémographe Denza, pluviomètre, évaporimètre, psychromètre à ventilateur, ozonomètre et baromètre. Un chronomètre à contact signale l'heure de midi les jours de fête, en produisant l'allumage d'un petit canon.

L'Observatoire est situé à 111 m. d'altitude. Le directeur actuel est le Père F. Longhitano. Il est à regretter que le manque de ressources ne lui permette pas d'étendre ses observations, utiles pour l'étude des dépressions de la Méditerranée.

OBSERVATOIRE DE LOUVAIN (1)

Cet observatoire, complètement privé, n'est pas un observatoire de recherches, mais un observatoire destiné à l'instruction technique d'un certain nombre de jeunes religieux de la Compagnie de Jésus.

Il comprend une salle méridienne, avec lunette de passage de 7,5 cm. d'ouverture ; une coupole mobile avec équatorial de 15 cm. ; un équatorial portatif de 10 cm., un petit télescope à réflexion, une horloge sidérale, et un certain nombre d'instruments accessoires : spectroscopes, théodolites, etc.

Aucune observation météorologique n'y est faite.

(1) Rue des Récollets, 11, Louvain, Belgique.

OBSERVATOIRE DE MONDRAGONE (1)

L'*Osservatorio meteorologico Tuscolano* est situé à 435 m. au-dessus du niveau de la mer, à l'angle nord-ouest de l'ancienne Villa Borghèse, devenue le Collège de Mondragone, dans la délicieuse campagne de Frascati.

La première idée de cet Observatoire est due au Père Secchi qui, dès longtemps, en avait deviné l'utilité. Il écrivait dans le numéro d'octobre 1876 du Bulletin de l'Observatoire du Collège Romain : « Si aux stations de Montecavo et de Grottaferrata peuvent s'en ajouter d'autres à Velletri... et à Mondragone, le climat des collines du Latium sera suffisamment étudié; cette région est importante à connaître au point de vue scientifique, aussi bien qu'au point de vue de l'agriculture et de l'hygiène, car elle est le centre principal de la production de la vigne et des céréales, et le lieu de villégiature préféré des Romains pendant la saison malsaine d'été. »

La mort empêcha le Père Secchi d'exécuter son projet. Le Père Félix Ciampi (1826-1889), ancien directeur de l'Observatoire de Belen, à la Havane, et assistant de Secchi à l'Observatoire du Collège Romain, fonda la station météorologique de Mondragone, en 1880, et en fit l'une des plus importantes de l'Italie. Par ses soins, les observations se poursuivirent activement pendant près de neuf ans ; elles étaient adressées à tous les observatoires italiens, qui envoyaient en échange leurs bulletins.

A la mort du Père Ciampi, l'Observatoire de Mondragone eut à subir quelques années de crise et fut presque abandonné. Il a repris heureusement son fonctionnement régulier : on y fait quatre observations quotidiennes ; les valeurs enregistrées sont envoyées au Bureau

(1) Osservatorio Tuscolano, Frascati, Italie.

Central de Rome et à l'Observatoire central de la Société Météorologique Italienne, à Moncalieri. Le Père V. Bovini est chargé, à l'heure qu'il est, de recueillir ces observations.

L'*Osservatorio Tuscolano* possède un équipement très complet. A 31 m. au-dessus du sol fonctionnent une girouette et un anémomètre Robinson, tous deux à contacts électriques. Auprès est installé un héliographe, le premier adopté en Italie ; plus bas est un pluviomètre. Le baromètre en usage depuis le début est un instrument du type Fortin, construit par Deleuil ; il a été acheté par le Père Secchi lui-même et c'est l'un des bien rares souvenirs qu'il ait pu, à sa mort, laisser à ses frères ; aussi le conserve-t-on comme une relique.

Signalons encore quatre excellents thermomètres, dont l'un étalonné à Paris, des thermomètres à maxima et minima, deux psychromètres, un actinomètre d'Arago, un néphoscope de Braun, un évaporomètre à vis micrométrique ; puis deux anéroïdes, un barographe, un thermographe, un psychrographe et un sismographe. Pluie et mouvements sismiques, direction et vitesse du vent sont inscrits avec l'heure des phénomènes sur un même tambour enregistreur. Enfin un ozonomètre permet de doser l'ozone que renferme en si grande proportion l'air délicieux de Frascati.

L'abri des instruments, à doubles persiennes, a été si bien établi, au point de vue de la circulation d'air, qu'un ventilateur, placé devant le psychromètre, n'en fait pas sensiblement varier les indications.

OBSERVATOIRE DE OUDENBOSCH (1)

Les Pères de la Compagnie de Jésus possèdent à Oudenbosch (Fig. 57), en Hollande, une station météoro-

(1) Kerkstraat, A. 14, Oudenbosch, Hollande.

logique. Les observations ordinaires y sont faites trois fois par jour et envoyées à l'Observatoire central des Pays-Bas qui les insère dans son bulletin mensuel.

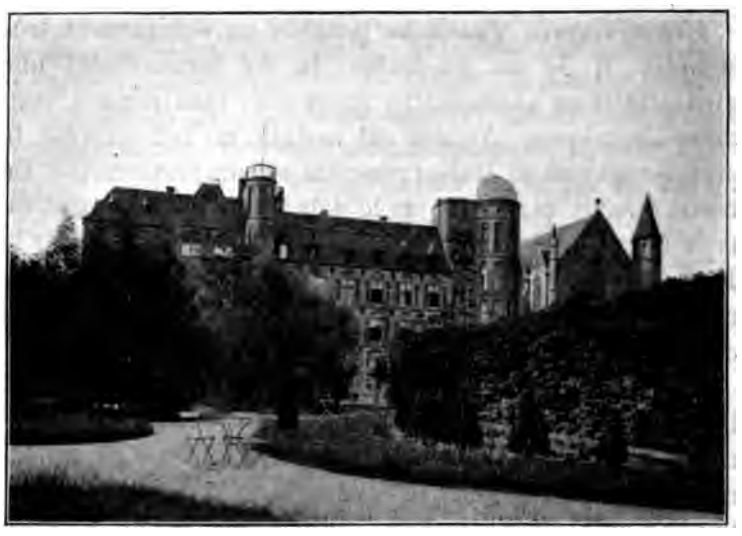


Fig. 57. — Collège et Observatoire de Oudenbosch.

Un petit équatorial, de 8 centimètres d'ouverture, forme le début d'un observatoire astronomique que les Pères se proposent d'organiser plus tard.

Le Père Stein a fait à Leyde, en 1899-1900, des observations suivies sur les variations de latitude, et les a publiées à Haarlem en 1901.

OBSERVATOIRE DE ROME (1)

Ce serait sortir des limites que nous nous sommes fixées que de faire ici l'historique de l'Observatoire du

(1) Borgo San Spirito, 12, Rome.

Collège Romain. Rappelons-en simplement les principales étapes.

Illustré par des hommes comme les Pères Scheiner, de Gottignies, Boscovich, l'Observatoire, lors de la suppression de la Compagnie de Jésus, passe aux mains d'un prêtre séculier, Joseph Calandrelli. En 1824, le Pape Léon XII le rend à ses fondateurs ; sous le Père de Vico, l'Observatoire a, pendant quelques années, un renouveau de gloire. En 1848, les Jésuites sont chassés de Rome. Ils y rentrent en 1849, et le Père Secchi reste à la tête de l'Observatoire jusqu'à sa mort. Mais, dès 1870, l'Observatoire du Collège Romain, confisqué par le gouvernement italien, est devenu l'Observatoire Royal.

A l'heure qu'il est, un petit Observatoire, complètement privé, est annexé à l'Université Grégorienne. Il est situé « sul Gianicolo » ; le Père Adolphe Müller, professeur d'astronomie à l'Université, en est le directeur. Il a à sa disposition deux bonnes lunettes de Merz montées équatorialement, l'une de 27 centimètres, l'autre de 10 centimètres d'ouverture.

La situation très incommode de l'Observatoire, les ressources à peu près nulles dont il dispose, servent surtout à mettre en relief la luxueuse installation et le nombreux personnel des trois autres observatoires de Rome.

On doit au Père Müller différents travaux sur Képler et Copernic, sur la planète Vénus, etc., et un beau Traité d'astronomie.

OBSERVATOIRE DE SALTILLO (1)

Le Collège de St-Jean Népomucène, à Saltillo, dans la province de Coahuila, au Mexique, fait, depuis juillet

(1) Colegio de S. Juan Nepomuceno, Saltillo, Coah., Mexique.

1884, des observations météorologiques. Les premières sont dues au Père Henri Cappelletti ; elles ne furent pas publiées, à cause des différentes interruptions qu'elles subirent. En 1886, le Père P. Spina commença des observations régulières, publiées depuis dans des bulletins annuels, avec l'aide du gouvernement de l'État de Coahuila. Remplacé en 1890 par le Père Cappelletti, puis par les Pères Gustave Hérédia, Paul Louet, Henri Tavernier, Urbain Pautard et Michel Kubicza, le Père Spina est de nouveau, aujourd'hui, chargé des observations.

Les instruments sont ceux d'une station météorologique ordinaire.

Le Père Cappelletti a publié un traité de Cosmographie et un mémoire sur le crépuscule. Le Père Spina, outre plusieurs ouvrages de mathématiques pures, a publié divers mémoires sur la climatologie du Mexique.

OBSERVATOIRE DE SANTA-CLARA (1)

Le Collège de Santa-Clara, en Californie, possède un Observatoire astronomique et météorologique qui s'organise peu à peu. Le directeur en est le Père Jérôme Ricard.

A la fin de 1895, un équatorial de 20 centimètres fut offert au Collège ; faute de local approprié pour l'installer, l'instrument resta sans usage jusqu'en 1900 ; il fut alors placé sur un bâti commode et protégé par un hangar roulant sur rails, que l'on peut déplacer à volonté. L'objectif est de Clark aîné, sa monture de Fauth et Cie, de Washington ; l'éclairage des cercles et réticules se fait électriquement.

A l'équatorial sont venus se joindre successivement un télescope de 10 centimètres, une pendule astronomique

(1) Santa Clara College, Santa Clara, California, États-Unis.

de Saegmüller, un micromètre de position du même constructeur. Dernièrement, le Père Ricard a équipé une station météorologique, en relation avec le *Weather Bureau* de San-Francisco. Elle comprend baromètres et barographes, thermomètres et thermographes, un météorographe, anémomètre et néphoscope.

L'Observatoire a déjà rendu des services au Collège de Santa-Clara, et un journal local publie ses bulletins quotidiens. Il est à souhaiter qu'un bâtiment sérieux permette bientôt d'employer les instruments qu'il possède à des observations régulières.

PIERRE DE VREGILLE, S. J.

VARIÉTÉS

I

CURIOSITÉS MÉDICALES

Je dois m'excuser auprès des lecteurs de cette REVUE de les distraire des travaux de science pure dont ils aiment à se repaître. Les quelques notes qui vont suivre n'ont rien de bien scientifique; elles sont plutôt d'ordre professionnel.

Et cependant elles ne manquent pas d'intérêt. Elles soulèvent un coin du voile qui cache l'état de la science médicale au moyen âge et même de nos jours. Certes il ne faut pas prendre à la lettre tout ce qu'ont écrit les auteurs que nous allons citer. Mais, en lisant entre les lignes et en faisant la part de l'état d'âme de certains d'entre eux, il est assez facile et certainement permis de pressentir ce que nos citations renferment de vrai et de fondé. A ce titre, nous avons cru que ce petit travail ne serait pas déplacé dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES.

La visite du médecin au moyen âge. — Pour se faire une idée des mœurs médicales au moyen âge, il suffit de lire un petit manuscrit, sorti de l'école de Salerne, qui parut probablement au XIIe siècle. Il est intitulé : *De adventu medici ad ægrotum.* Il était évidemment destiné à servir de guide au jeune médecin pour la pratique ordinaire.

Cet écrit est charmant de vérité et de finesse. En le lisant, on sent qu'on y trouve un tableau fidèle de la vie de ce temps-là. Il y règne une aimable naïveté et une foi vive, jointes à une grande connaissance des hommes. On y trouve des règles pleines de tact pour la conduite du médecin, mais aussi une recherche assez raffinée de l'intérêt personnel. Telle devait être la conduite des meilleurs médecins de cette époque, puisque tel était l'ensei-

gnement de la célèbre école de Salerne à la période la plus florissante de son existence.

Voici comment débute ce manuscrit :

" Lorsque tu seras appelé près d'un malade, ô médecin, implore d'abord l'aide du Tout-Puissant. Que l'ange, qui accompagna Tobie, accompagne aussi ton esprit et ton corps!

„ Tâche de savoir du messager, qui est venu t'appeler, si la maladie est grave, à quel organe elle s'est attaquée et comment la maladie a commencé. Tout cela te sera utile, pour que, arrivé près du malade, tu sois déjà guidé dans tes recherches, et que tu puisses immédiatement lui parler, en les nommant, des souffrances qu'il éprouve ; tu gagneras ainsi sa confiance et il te regardera dès lors comme un sauveur qui va lui apporter sa guérison.

„ Quand tu seras arrivé à la demeure, demande, avant d'approcher du malade, s'il s'est confessé. S'il ne l'a pas fait, qu'il le fasse immédiatement ou du moins qu'il promette de le faire ; car si tu n'en parles qu'après l'avoir examiné, il aura déjà un triste pressentiment et croira que tu juges son état désespéré.

„ En arrivant près du malade, évite de paraître hautain, ni intéressé; rends avec modestie le salut que te feront les parents et assieds-toi si on t'y invite...

„ Te voilà près du malade ; demande-lui comment il se trouve. Ensuite fais-lui avancer le bras et tâte le pouls; mais prends soin d'abord que le malade soit calme; car bien des malades ont les battements du cœur précipités, les uns par la joie de ton arrivée, d'autres, plus avares, par la pensée des honoraires que tu réclameras. Soutiens le bras de la main, fais attention que le malade ne repose pas sur le côté gauche et compte le pouls au moins jusque cent. Examine l'état du pouls avec soin et longtemps; car les personnes présentes t'écouteront avec d'autant plus d'attention que tu auras attendu plus longtemps avant de parler...

„ Alors promets au malade qu'avec l'aide de Dieu tu le guériras. Mais, dès que tu l'auras quitté, dis aux parents que le cas est très grave; de cette manière, s'il guérit, ton mérite n'en sera que plus grand; et s'il meurt, les parents seront convaincus que tu as prévu dès le début une terminaison fâcheuse...

„ Que ta conversation soit aimable, que ta manière d'être soit honorable et que ta confiance se place en Dieu seul. Si les maîtres de la maison t'invitent à dîner, ne t'y rends pas avec un empressement exagéré; et ne prends pas la première place, bien que,

d'après l'usage, la première place revienne aux prêtres et aux médecins...

„ Pendant le dîner, informe-toi souvent de l'état du malade; sa confiance en toi ne fera que grandir, s'il apprend que tu ne l'oublies pas au milieu des plaisirs de la table. Quand le repas est terminé, vante l'excellence des mets et des boissons, le malade en éprouvera un grand contentement...

„ Et alors, si l'état du malade est satisfaisant, amène-le doucement à te payer. Enfin, je te conseille, en vue d'augmenter ta clientèle, de tâcher de gagner les bonnes grâces des amis du malade; parle-leur de toi et de tes cures, autant que cela te paraît utile. Cela fait, prends congé en faisant des recommandations prudentes et convenables; enfin va en paix et que le Seigneur t'accompagne! „

Cette conduite du médecin au lit du malade, telle qu'elle est conseillée par l'école de Salerne, n'est peut-être pas tout à fait de notre goût, et cependant que de choses vraies on y trouve! Que de remarques applicables à notre époque! La politique médicale est aussi ancienne que la médecine elle-même, et les praticiens de nos jours ne peuvent pas plus la négliger que notre vieux maître Hippocrate et ses fidèles disciples de Salerne.

Remarquons, par exemple, les conseils minutieux et judicieux qui sont donnés pour que le médecin cherche à gagner la confiance de son malade. N'y a-t-il pas là une prescience de l'importance de la suggestion, dont l'efficacité thérapeutique a été si bien établie de nos jours? Il n'est pas un praticien, un peu expérimenté et un peu observateur, qui n'ait acquis la conviction que son influence morale était souvent plus utile que l'administration de ses médicaments les plus actifs.

Un détracteur de la médecine au moyen âge. — Il est passé de mode de se gausser de la médecine et des médecins. Ce n'est pas une mode nouvelle; déjà au moyen âge on aimait à plaisanter cette profession, qui y prêtait alors plus qu'à notre époque. Nous n'en voulons pour preuve qu'un écrit du célèbre Pétrarque, sous le titre significatif de *Contra medicum quemdam invectivæ.*

Le talent d'observation du poète, sa connaissance des hommes, la multiplicité de ses relations et ses nombreux rapports avec les médecins du XIVe siècle le mettaient à même de juger des défauts de la science médicale et de la conduite des praticiens. Il avait observé les faits et gestes des médecins à la cour des rois comme à celle des papes, près des grands et des riches,

dans le tumulte des grandes villes comme dans la vie tranquille des champs.

Ce n'est pas l'art de guérir en lui-même qu'il méprise. " Je ne doute pas, dit-il, que la médecine existe et qu'elle soit quelque chose de grand, puisqu'elle a été donnée par Dieu dans les saintes Écritures et qu'elle a été consacrée aux dieux par les païens. Si elle était toute erreur, elle n'aurait pas été acceptée par tant d'intelligences d'élite. J'aime la vraie et utile médecine, mais je déteste les mensonges des médecins ou de ceux qui se disent à tort médecins. Lorsque je mets à nu des abus qui ont détruit l'ancienne renommée de l'art de guérir, la médecine, si elle pouvait parler, me remercierait avec effusion. „

Il attaque surtout la suffisance et l'ostentation avec lesquelles les médecins se livrent à des discussions théoriques et à des subtilités jusqu'au lit du malade. " C'est là, dit-il, le malheur de notre époque. Autrefois on se guérissait sans raisonner beaucoup. Aujourd'hui on se borne à des déductions artificielles et, au lieu de traiter le malade, on lui bourre les oreilles de syllogismes ; des milliers de malades sont morts, pendant que les médecins discutaient et péroraient. Aujourd'hui les médecins ne savent plus se parler sans se disputer, et comme ils n'ont appris ni à discuter ni à se taire, ils crient au plus fort, s'échauffent, se mettent en colère et s'injurient, sans aucun profit pour le malade. Ils ont oublié que la médecine, comme le disait Virgile, portait autrefois le nom d'art muet (muta ars). „

Il vante les traditions grecques en médecine et il a Hippocrate en grand honneur; il parle avec d'autant plus de mépris de l'élément arabe qui s'était introduit de son temps en médecine. " Les médecins arabes, dit-il, ont détruit toute la médecine classique et leurs doctrines ne sont que mensongères. „ Et il appelle les malades traités d'après cette méthode *peregrinis medicamentis infectos.*

Il reproche aux médecins de ne pas savoir se traiter eux-mêmes : " Au contraire, écrit-il, ils sont plus souvent malades que les autres, et leur figure pâle et amaigrie dit ouvertement qu'ils ne se connaissent pas en médecine ; et ne voit-on pas les médecins les plus célèbres, auxquels on ne peut reprocher de l'ignorance, mourir trop souvent à la fleur de l'âge? „

Il méprise les règles de la diététique. D'une constitution robuste et doué d'un excellent appareil digestif, il se fâchait quand ses amis médecins l'exhortaient à vivre d'une manière sobre et régulière. " La diététique, dit-il, est devenue une véri-

table tyrannie, que les médecins veulent vous imposer aussi bien en santé qu'en maladie! Sachez donc que les Romains ont pu vivre pendant cinq siècles sans aucune règle de diététique et cependant se bien porter. Maintenant un homme comme il faut n'oserait plus tousser, ni cracher, sans la permission du médecin; et cependant on n'en vit ni mieux ni plus longtemps. Les médecins prescrivent des règles qu'ils sont les premiers à enfreindre. Et s'ils sont parfois invités à votre table, ils auront soin de vous permettre ce qu'ils aiment, de vous défendre ce qu'ils ne goûtent pas.

„ On en connaît bien de ces médecins célèbres qui enseignent de telle manière et qui dînent tout autrement *(aliter docentes, aliter prandentes)*. Eux qui vous recommandent d'abréger les repas, ils se remplissent le ventre de bonne heure, mangent et boivent jusque bien avant dans la nuit. Celui qui voudrait suivre toutes les prescriptions hygiéniques des médecins ne se porterait jamais bien, et évidemment, si ces règles ne conviennent pas aux personnes bien portantes, elles conviendront encore moins aux malades.

„ Les médecins ont le privilège unique de n'être punis pour aucune de leurs fautes. La terre couvre les fautes des médecins, comme le disait Socrate, et l'art de guérir est la profession la plus rassurante; car dans toutes les autres, les fautes les plus minimes causent du préjudice à celui qui les commet; chez le médecin, au contraire, ses fautes lui sont même payées. Il n'y a pas de roi ni d'empereur qui ait un pouvoir pareil. „

Les misères du médecin. — Parmi tous les déboires qui attendent le médecin dans l'exercice de sa profession, il en est qui sont plus pénibles que d'autres; tels, par exemple, les préjugés et les erreurs qui sont répandus dans le public; telles encore les incertitudes et les difficultés de l'art de guérir.

Au moyen âge déjà les praticiens s'en plaignaient, ainsi que le prouvent les doléances d'un célèbre médecin arabe, connu sous le nom de Rhazès, qui vivait à Bagdad au commencement du xe siècle.

" Une des choses qui font le plus de tort aux médecins sérieux, écrit-il, c'est le préjugé que le médecin doit tout savoir, sans avoir même interrogé le malade. Du moment qu'il a vu les urines ou tâté le pouls, il doit aussi savoir ce que le malade a mangé ou fait. Cela n'est que mensonge et duperie, et ne réussit que par des artifices, des cadeaux, des questions indirectes et adroites, par lesquels on trompe le public. Certains médecins

paient même des hommes ou des femmes, qui sont chargés de les informer de l'état du malade, et cela en interrogeant les domestiques, les voisins, les amis...

„ Moi-même, continue Rhazès, quand je débutai dans la pratique médicale, j'avais soin de ne rien demander dès que j'avais vu les urines, et j'étais fort estimé. Plus tard, quand j'interrogeais le malade avec soin, ma réputation diminua notablement...

„ La confiance du malade en son médecin, même en cas de guérison, est aussi diminuée par l'absence d'égards. Le public exige que l'on soit guéri en un moment, comme par enchantement, ou bien qu'on ne prescrive que des remèdes agréables, etc., ce qui n'est pas possible dans toute circonstance, ni pour tout malade. Punir le médecin à cause des défauts de la science est une grande injustice. Les charlatans, eux, réussissent très bien, même quand ils traitent d'une manière absurde, et leur honteux métier suffit pour leur subsistance, tandis que le médecin sérieux ne se procure qu'à grand'peine les choses les plus nécessaires à la vie.

„ D'autres fois un malade vous arrive avec empressement une ou deux fois; vous lui prescrivez quelque chose, vous l'interrogez, puis vous ne le voyez plus, ou vous ne le rencontrez que lorsque vous n'avez pas l'occasion de lui parler, tandis que le médecin a besoin de la persévérance de son malade. „

Rhazès expose également les difficultés de la position des médecins auprès des princes et des souverains. Il parle par expérience, car ses talents et son habileté lui avaient valu la place de médecin du Calife.

“ Ce qui diminue encore l'efficacité de la médecine, écrit-il, c'est la répulsion qu'éprouvent même de bons médecins pour un traitement énergique, de sorte qu'ils abandonnent la médication et le régime habituellement prescrits, surtout s'ils traitent un roi ou un homme célèbre, qui serait atteint d'une maladie grave ou d'une affection intime plus ou moins douteuse, sur le traitement de laquelle les médecins ne sont pas d'accord. Alors le praticien évite les remèdes énergiques ou même toute médication et se borne à prescrire certains aliments, afin d'éviter la colère du roi et la fureur du peuple... Ces circonstances sont vraiment fâcheuses pour les rois et les princes, qui profiteront moins de la science des plus grands médecins que le vulgaire et le plus infime de leurs sujets...

„ J'en conclus qu'il est très utile à un roi ou à un prince de ne pas inquiéter son médecin, de le satisfaire au contraire, de

parler souvent avec lui, de lui rendre service, de lui témoigner une grande affection et de lui laisser entendre qu'il ne sera jamais rendu responsable de la fâcheuse terminaison d'une maladie incurable et qu'il ne sera même pas puni pour une erreur ou une méprise. Grâce à cette assurance, le médecin apprendra à connaître les habitudes les plus secrètes de son client et il n'aura plus aucune des inquiétudes ou des craintes qui pourraient affaiblir son intelligence et troubler son jugement. „

Le maître, au service duquel Rhazès était attaché, ne paraît pas avoir tenu compte des conseils de son médecin, s'il faut en croire le fait rapporté par la tradition. On raconte que le calife Al Manzour accepta la dédicace d'un livre écrit par Rhazès, à condition de voir répéter devant lui les expériences alchimiques mentionnées dans l'ouvrage. L'auteur aurait vainement essayé d'y réussir et le calife, furieux, aurait ordonné de frapper avec le livre sur la tête du pauvre savant aussi longtemps qu'un feuillet resterait attaché au volume. Le malheureux Rhazès serait devenu aveugle à la suite de cet humiliant châtiment.

Ce n'est pas seulement au moyen âge que les médecins se plaignent des misères de leur profession. Il y a trois ans parut un livre, qui fit grand bruit en Russie et ailleurs : *les Mémoires d'un médecin*, écrits par le Dr Veressaïef. Il est assez piquant de le parcourir après avoir lu les pages de Rhazès.

Dès l'Université, l'auteur a des doutes sur la valeur de la médecine : “ A côté de cette médecine tant vantée, qui guérit et ressuscite, j'en découvrais sans cesse une autre, impuissante celle-là, sans force, commettant des erreurs, se livrant au mensonge, se faisant fort de soigner des maladies qu'elle ne pouvait pas déterminer, et déterminant avec précision des maladies qu'elle savait ne pas pouvoir guérir. „ Et plus loin : “ Dans le traitement des maladies, ce qui m'étonnait surtout, c'était l'équilibre instable et l'indécision de la science, la grande quantité de remèdes proposés pour chaque maladie, et, à côté de cela, le peu de foi accordée à ces remèdes. „

Cependant la suite de ses études modifia cette première impression : “ Lorsque j'avais commencé à étudier la médecine, j'en attendais *tout*; après avoir vu qu'on ne pouvait tout lui demander, j'avais conclu qu'elle ne pouvait *rien*; et maintenant je voyais qu'elle pouvait *beaucoup;* et ce “ beaucoup „ me remplissait de confiance et de respect pour la même science que je méprisais du fond de l'âme si peu de temps auparavant. „

Le voilà maintenant en face des difficultés de la pratique

médicale. Il se trouve immédiatement embarrassé par le choix des médicaments innombrables qui sont à sa disposition : " Un tableau poignant se déroulait devant moi ; chaque numéro de chaque journal médical contenait l'annonce de dizaines et de dizaines de nouveaux procédés. Chaque semaine, chaque mois, c'était comme une sorte de courant immense et redoutable, dont l'éclat éblouissait et étourdissait. Et, à côté des nouveaux médicaments, des nouvelles doses, des nouvelles applications, des nouvelles opérations, il y avait toujours par centaines et par centaines d'autres vies perdues. „

Aussi ses anxiétés grandissent. " Ma situation de médecin, dit-il, devint ainsi très étrange. Mon désir sincère est de ne pas nuire au malade qui réclame mes soins. C'est là un principe si élémentaire et si indiscutable qu'on ne peut le méconnaître. Mais, si je l'adopte systématiquement, je me condamne à l'impuissance, à l'arrêt absolu de toute amélioration. L'homme vivant me barre toutes les routes ; partout où je le vois, je recule. Ainsi ma tranquillité d'âme est sauvegardée, mais le problème n'en reste pas moins sans solution. „

Très sévères, mais très justes sont les pages où l'auteur flétrit l'expérimentation que certains médecins se permettent de faire sur les malades.

" N'est-il pas temps pour les médecins de s'entendre afin de s'opposer à de telles expériences, quelque instructives qu'elles soient par elles-mêmes ?

„ Oui, il en est temps, grand temps ! Mais il est temps aussi, pour la société, de cesser d'attendre le moment où les médecins sortiront de leur apathie. Il faut qu'elle prenne elle-même les mesures nécessaires pour protéger ses membres contre ces zélateurs de la science, qui oublient vraiment un peu trop la différence qu'il y a entre un homme et un cochon d'Inde. „

Le médecin russe vient à se demander quelles sont actuellement les ressources de l'art de guérir. Après avoir exposé toutes les obscurités de la pathologie, toutes les difficultés de la science du diagnostic, il examine la valeur de la thérapeutique. " Quelle garantie la science me donnera-t-elle de l'efficacité des remèdes qu'elle préconise ? La cause des effets de la majorité de ces remèdes nous est à peine connue. Ce n'est que d'une façon empirique, par des observations cliniques, que la science établit la manière de les employer. Mais nous savons déjà combien ces observations sont sujettes à l'erreur...

„ Au travail déjà infiniment complexe et mystérieux qui s'ac-

complit dans un organisme malade, s'ajoutent des milliers d'influences, celles des innombrables formes de l'activité de la maladie et du milieu ambiant, celles de la multitude des réactions provenant des forces combatives, et la mille et unième influence sera celle du remède! Comment déterminer ce qu'elle sera, parmi tant d'autres diverses ? „

On comprend ce que le Dr Veressaïef a dû souffrir en se voyant obligé de pratiquer un art dans lequel il avait si peu de confiance. Cependant le raisonnement l'empêche de tomber dans un découragement absolu. " Déjà, dès maintenant, si imparfaite qu'elle soit, la science a acquis de sérieux avantages, qui augmentent chaque année. Le patrimoine est entre nos mains. Et dans tous les domaines de la médecine, nous pouvons être utiles et travailler beaucoup. „

L'auteur se plaint, comme Rhazès, de la pauvre opinion que le profane a de la médecine. " Dans le public, écrit-il, règne une forte méfiance à l'endroit de la médecine et des médecins. Ceux-ci, depuis longtemps, servent de thème favori aux caricatures et aux épigrammes. Et quant à la médecine, les gens bien portants en parlent volontiers avec ironie, et les malades, lorsqu'un médecin a échoué à les soulager, avec la haine la plus véhémente. „

D'où viennent ces sentiments ? En grande partie de ce que le public accorde à la médecine des pouvoirs qu'elle n'a pas et ne peut avoir. " La foule n'a pas la moindre idée de ce qu'est la vie, pas plus qu'elle ne comprend ce qu'est et peut être la science médicale. Voilà l'origine de la plupart des malentendus, l'origine de la foi aveugle des uns en la toute-puissance de la médecine, ainsi que de la méfiance, également aveugle, que la même médecine provoque chez d'autres. Et l'une autant que l'autre ont les conséquences les plus fâcheuses. „

Comme Rhazès, le médecin russe montre les difficultés de la médecine chez les gens riches. " Les clients les plus difficiles sont les personnages de tous genres qui appartiennent aux classes élevées. Ils sont impatients, gâtés et rendent le médecin responsable de la présence de leur maladie, ou de la plus légère souffrance. Et c'est pourquoi, d'ailleurs, la faveur du public va de plus en plus à des médecins reniés avec mépris, et non sans raison, par ceux de leurs confrères qui sont vraiment dignes de ce nom. „

Le Dr Veressaïef insiste sur la nécessité de capter la confiance des malades ; il se rencontre ici avec les médecins Salernitains.

" Partout, à chaque pas, il faut savoir être acteur ; c'est indispensable : car la maladie ne se guérit pas seulement au moyen des remèdes et des ordonnances, mais aussi par l'intervention du malade lui-même ; sa confiance et son courage sont une aide puissante dans la lutte contre la maladie, une aide qu'on ne peut estimer trop haut. „

L'auteur décrit avec complaisance les difficultés et les amertumes de la pratique médicale. " Toute la carrière d'un médecin est remplie, presque sans interruption, de moments critiques, qui tiennent le cœur et l'esprit dans un état de nervosité permanente. La rechute d'un convalescent, le malade incurable qui demande à être secouru, la mort qui épie sans cesse sa proie, la possibilité continuelle d'un accident ou d'une erreur, enfin l'atmosphère même de souffrances et de détresses qui nous environne toujours, tout cela nous maintient l'âme dans des conditions d'alarme et de trouble perpétuelles... Quelquefois les forces nous abandonnent, et une telle tristesse s'empare de nous que nous voudrions fuir, nous en aller très loin, nous débarrasser de tous les malades et avoir l'impression d'être tranquilles et libres, quand ce ne serait que pour un temps relativement court. „

Après avoir mis à nu toutes les misères de la vie médicale, le médecin russe se demande si on pourrait améliorer cette situation et il conclut par ces paroles, quelque peu tolstoïennes : " La solution unique a pour principe la conscience que nous ne sommes qu'une petite fraction d'un tout formidable, dont aucune des parties ne peut s'isoler sans nuire à l'ensemble. Et c'est donc seulement par le progrès de ce *tout* que nous pouvons espérer le perfectionnement individuel qui nous conduira à une meilleure destinée. „

Dr Mœller.

II

LA RÉDUCTION DES INTENSITÉS LUMINEUSES EN PEINTURE

Que le peintre soit impuissant à réaliser sur la toile des intensités lumineuses analogues à celles qui lui servent de modèle, c'est un fait trop évident, dans une foule de cas, pour qu'il ait

été méconnu ; mais on a été souvent porté à soutenir une théorie que condamne aussi l'observation et d'après laquelle les intensités lumineuses picturales devraient être proportionnelles à celles des objets représentés sur un même tableau. Jamin, jadis professeur de physique à l'École Polytechnique, était imbu *à priori* de cette idée ; mais des mesures photométriques, rapportées dans un article de la REVUE DES DEUX-MONDES (1857, 1er sem., p. 624), lui montrèrent que le rapport des intensités lumineuses des parties en pleine lumière à celles des parties situées dans l'ombre est bien plus petit sur la toile que dans la nature, d'où il était porté à conclure à une impuissance de la peinture.

Dans nos *Études esthétiques*, nous avons discuté ce sujet, et nous n'aurions pas songé à le reprendre si nous n'avions trouvé une solution différente du problème dans un ouvrage publié récemment. M. Frédéric Passy a donné, en effet, au public, sous le titre de *Reliquiæ*, un certain nombre d'écrits, dus à son fils Jacques, qu'il a eu le malheur de perdre en 1898 (1).

La principale des études composant ce volume est un mémoire envoyé en 1891 à l'Académie des Beaux-Arts, qui avait choisi comme sujet de concours : *Démontrer la vérité ou l'erreur de cette exclamation de Pascal :* " QUELLE VANITÉ QUE LA PEINTURE QUI ATTIRE L'ADMIRATION PAR LA RESSEMBLANCE DES CHOSES DONT ON N'ADMIRE PAS LES ORIGINAUX ! "

Le mémoire de Jacques Passy (il en fut envoyé soixante-deux) ne fit l'objet d'aucune mention : on ne doit qu'en être plus reconnaissant à M. Frédéric Passy de nous l'avoir conservé, car il est fort intéressant. Personnellement nous avons pris à sa lecture un plaisir d'autant plus vif que, dans sa façon scientifique d'aborder les problèmes d'esthétique (2), Jacques Passy nous paraît montrer une tournure d'esprit très voisine de la nôtre.

Cherchant à établir que le rôle de la ressemblance est fort limité dans le plaisir que nous cause la peinture, il est amené à faire ressortir que, par la force des choses, les intensités lumineuses, non seulement n'y peuvent rivaliser avec celles des objets, mais ne peuvent suivre la loi de proportionnalité, bien qu'un défaut de rédaction puisse faire croire d'abord qu'il pro-

(1) Jacques Passy, *Reliquiæ*. Un vol. in-8° de xv-332 pages. Paris, 1905. Société française d'imprimerie et de librairie.

(2) Jacques Passy était chimiste et a particulièrement étudié les odeurs et les parfums.

fesse l'observation de cette loi (1). Voici en quels termes il formule ensuite ce qu'il croit être le principe de réduction des intensités lumineuses :

" A et B étant les intensités de deux objets réels, a et b les intensités des mêmes objets sur le tableau : $\frac{A}{B} = \frac{a}{b} \times \frac{1}{n}$, la quantité $\frac{1}{n}$ étant arbitraire, mais constante pour un même tableau ; c'est ce qu'on pourrait appeler l'échelle lumineuse du tableau. On déduit de la relation précédente $\frac{\frac{A}{B}}{\frac{a}{b}} = \frac{1}{n}$, ce qui montre que, si, en transposant un morceau de musique ou en reproduisant une carte à une autre échelle, on conserve la *grandeur absolue des rapports*, la peinture ne conserve que les rapports relatifs ou *rapports des rapports*. "

Ainsi que le dit Jacques Passy, deux valeurs choisies pour représenter les valeurs extrêmes du modèle déterminent la série entière des valeurs intermédiaires et permettent d'y enfermer tout le tableau. Notre auteur fait d'ailleurs justement remarquer que cette réduction des limites entre lesquelles s'échelonnent toutes les intensités, donne, dans certains cas, une supériorité à l'image sur la réalité. Elle permet de conserver tout ce qu'il y a d'essentiel dans l'impression, en éliminant ce qu'il y a de pénible ou de fatigant dans certains effets réels. " Ainsi, dit-il, la représentation du soleil couchant supprime les effets d'éblouissement qui se produisent dans la réalité et empêchent, dans une certaine mesure, l'œil de jouir de toute la variété des nuances (2). De même, la représentation du clair de lune supprime les efforts fatigants que nous faisons pour percer l'obscurité, tout en conservant ce qu'il y a d'esthétique dans cet aspect. En un mot, la peinture, par l'emploi d'une échelle moyenne d'intensité, ramène aux conditions de la vision distincte et reposée, des impressions

(1) Page 37.

(2) On sait que certains peintres, tels que MM. Schöneyder-Müller et Jespersen, se sont appliqués, non sans succès, à donner l'illusion de cet éblouissement, en reproduisant les images consécutives provoquées par la contemplation du soleil couchant. Pour un soleil disparaissant dans une puissante illumination jaune, la toile est parsemée d'images négatives violacées, assez faibles pour ne pas attirer l'attention dans la vision indirecte, mais semblant surgir dès qu'elles se projettent sur la tache jaune, qui s'arrête, comme fascinée, sur elles.

qui ne se rencontrent dans la réalité qu'aux degrés extrêmes ; nos sensations y gagnent en délicatesse, en durée et surtout en clarté (1) „.

Tout cela est très juste, très bien observé et parfaitement expliqué par la formule ; et cependant cette formule nous paraît recéler un vice fondamental.

Si l'on ne suit pas la règle de proportionnalité des intensités, ce n'est pas par simple impuissance à le faire, mais c'est aussi parce que son observation donnerait de fâcheux résultats. Étant donné en effet un système d'objets que l'on éclaire d'une façon déterminée, mais en faisant varier l'intensité de la source lumineuse, les oppositions entre les ombres et les lumières paraissent plus accentuées avec les faibles éclairages ; c'est ce qu'on observe en comparant un effet de clair de lune à un effet de clair de soleil. Le même effet se produisant quand on regarde un même tableau plus ou moins éclairé, les rapports des intensités objectives ne peuvent être rendus par lui que sous un éclairage déterminé. Or, c'est ce qui n'aurait pas lieu, si la formule de Jacques Passy était exacte, car le rapport $\frac{a}{b}$ est déterminé par la peinture, les valeurs absolues de a et de b variant seules avec l'éclairage. Sans doute, le peintre pourra éluder dans une certaine mesure les conséquences du vice de la formule en tenant compte de l'éclairage probable dans son choix de la valeur de n ; mais ce correctif est en contradiction avec le principe de la formule et ne peut fournir qu'une cote mal taillée.

C'est qu'en effet cette formule a été posée en tenant compte seulement de la nécessité d'enfermer entre certaines limites les valeurs du tableau et les intensités lumineuses qui y correspondent sous un certain éclairage : la loi de variation entre ces limites n'a donné lieu à aucune discussion, bien que Jacques Passy mentionne la loi psycho-physique de Fechner, tout en faisant les réserves nécessaires sur son exactitude. Acceptant ces réserves, nous nous appuierons cependant sur cette loi pour en déduire une formule théorique, qui ne sera certainement pas rigoureusement exacte.

Supposant donnée l'intensité a qui répond à la plus vive intensité A du modèle, cherchons ce qu'il faudrait faire pour obtenir des *rapports de sensations* égaux à ceux que donne celui-ci. La loi de Fechner consistant dans la proportionnalité

(1) Page 100.

des sensations aux logarithmes des excitations, nous devrons avoir :

$$\frac{\log a}{\log b} = \frac{\log A}{\log B}.$$

En général, cette solution, que nous avions donnée sans réserve dans nos *Études esthétiques*, est inapplicable, parce que, si a est, comme d'ordinaire, bien plus faible que A, b devra aussi être plus faible que B, ce qu'il sera souvent impossible d'obtenir. Force sera alors de suivre Jacques Passy et de se fixer des limites de variation plus restreintes, en renonçant à reproduire réellement les rapports des sensations. On peut constater, du reste, que journellement on fait des copies où les intensités extrêmes varient de façon quasi arbitraire : on prendra un papier plus ou moins teinté et on se servira de mine de plomb ou de crayon noir de façon à obtenir des dessins de valeurs très différentes, rendant cependant les effets avec une fidélité sans doute incomplète, mais beaucoup plus grande qu'on ne le croirait *à priori*.

Donc nous devons admettre que le rapport des sensations ne soit pas le même pour la contemplation du tableau et pour celle de l'objet. On aura donc pour les intensités extrêmes :

$$\frac{\log A}{\log B} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\log a}{\log b},$$

et à l'imitation de Jacques Passy, mais en serrant sans doute la vérité de plus près que lui, nous poserons entre les intensités intermédiaires X et x sur l'objet et le tableau, la relation :

$$\frac{\log A}{\log X} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\log a}{\log x}.$$

Les rapports des sensations ne sont pas conservés, mais les rapports de leurs rapports sont constants.

Nous prévoyons une objection à cette solution : pourquoi prenons-nous comme point de départ la proportionnalité des sensations, tandis qu'en musique la transposition se fait par conservation des rapports entre les excitants, c'est-à-dire entre les nombres de vibrations, d'où résulte qu'à des intervalles égaux répondent des *différences* égales de sensations ?

Après avoir noté que les faits nous ont obligé à nous écarter de la loi musicale, nous essaierons de donner une réponse au moins plausible à la question fort embarrassante que nous venons de poser.

Une lumière très faible n'est pas perçue ; si on augmente son intensité, à un certain moment le seuil de l'observateur est atteint, et il éprouve une sensation élémentaire ; puis, la lumière augmentant d'une façon continue, il éprouve une série d'augmentations discontinues de sensation, dont chacune ajoute une unité à l'intensité de la sensation. Celle-ci a donc une mesure pour ainsi dire absolue.

Tout autre est la hauteur des sons, qui ne part pas d'un zéro de hauteur : des excitations trop éloignées ne donnent pas la sensation de son, mais de bruits discontinus. Lorsque la fusion se produit, le phénomène est d'ordre qualitatif : quand donc le son montera, si l'on a bien des élévations successives qui donneront une mesure, celle-ci ne partira pas d'un zéro, en sorte qu'elle n'aura pas de valeur absolue et qu'il ne pourra exister, entre les sensations sonores, que des différences, non des rapports de hauteurs. Au contraire, les sons peuvent, tout aussi bien que les lumières, donner lieu à des rapports d'intensités entre les sensations qu'ils excitent ; malheureusement, si l'on note en musique les hauteurs des sons, on se borne à de vagues indications pour les intensités. Il serait très intéressant de vérifier si, un même air étant exécuté avec des intensités moyennes différentes, les rapports des diverses intensités doivent rester constants ou si l'on doit les modifier comme cela a lieu pour les intensités lumineuses. Un mode opératoire qui présenterait peut-être des facilités particulières, consisterait à écouter un même morceau à des distances différentes et à observer si des modifications dans l'accentuation n'apparaîtraient pas comme nécessaires pour conserver au morceau son caractère.

Quoi qu'il en soit de cette question d'ordre musical, il serait indispensable de reprendre les observations de Jamin et de les poursuivre d'une façon beaucoup plus méthodique. Ayant été inspirées par la pensée de vérifier le principe hypothétique de la proportionnalité des intensités lumineuses, elles n'ont pas eu besoin d'être conduites avec beaucoup d'art pour permettre d'établir que ce principe n'est aucunement observé. Beaucoup plus délicates seront celles qui auront pour objet de déterminer suivant quelle loi varient les intensités entre des limites à peu près arbitrairement choisies par l'artiste.

Une première précaution sera de n'étudier, d'abord, que des œuvres monochromatiques, la comparaison des intensités lumineuses de couleurs différentes étant fort délicate et ces intensités

variant dans des rapports différents quand varie celle de l'éclairage.

Un second point consisterait à se placer dans des conditions d'éclairage moyennes, en l'absence d'indices montrant que l'artiste a eu en vue des conditions spéciales, qu'il conviendrait alors de reproduire.

Il serait d'ailleurs très intéressant de comparer des gravures reproduisant une même œuvre, mais avec des limites de valeurs notablement différentes.

Ce n'est que grâce à des mesures photométriques de ce genre, nombreuses et très soignées, qu'on pourra espérer sortir du champ des formules hypothétiques, telles que celles qui ont été mises en avant par Jacques Passy et par nous-même et qui ne peuvent avoir d'autre prétention que de répondre aux conditions générales imposées par des observations grossières, en même temps qu'aux lois générales de la sensibilité.

Dans les *Reliquiæ* de Jacques Passy, nous avons envisagé un point spécial sur lequel nous avons accusé quelque désaccord avec lui, mais en profitant de son travail pour perfectionner singulièrement, croyons-nous, ce que nous avions dit de cette question dans nos *Études esthétiques*, où nous n'avions pas tenu compte de la nécessité d'introduire le paramètre n, en conséquence du fait que la copie d'un même objet peut présenter des limites de valeurs très différentes, laissées au choix de l'artiste.

Indépendamment du mémoire académique dont nous avons parlé, le volume contient : un très intéressant article sur les *Dessins des enfants*, précédemment paru dans la REVUE PHILOSOPHIQUE ; des aperçus originaux sur l'*Art japonais ;* un important article sur *Berlioz et Wagner*, inséré dans le CORRESPONDANT ; enfin quelques *Nouvelles et Fragments littéraires*.

G. LECHALAS.

BIBLIOGRAPHIE

I

Cours d'Analyse infinitésimale, par Ch. J. de la Vallée Poussin ; tome II, un vol. in-8° de xvi-440 pages. — Louvain, Uystpruyst-Dieudonné ; Paris, Gauthier-Villars (1906).

Le tome premier de ce *Cours* contenait, après les définitions du nombre irrationnel et de la continuité, la théorie des dérivées et des différentielles, des fonctions *explicites* ou *implicites*, la formule de Taylor, la théorie des intégrales simples *par excès* et *par défaut*, la théorie des séries, et, comme applications géométriques, la théorie des courbes *planes* et *gauches*, le calcul des arcs, des aires, des volumes. Le tome second, qui vient de paraître, comprend : 1° les intégrales multiples, les intégrales de fonctions infinies, la dérivation des intégrales par rapport à un paramètre, les intégrales curvilignes ; 2° les équations différentielles, les équations linéaires aux dérivées partielles, les équations aux différentielles totales ; 3° les fonctions spéciales, circulaires et eulériennes ; 4° les séries de Fourier ; 5° le calcul des variations et des différences ; 6° comme applications géométriques, la théorie des points singuliers, du contact, des enveloppes ; les lignes de courbure et les lignes asymptotiques ; la flexion et la torsion géodésiques.

L'on voit quelle large introduction à l'étude de l'Analyse est constituée par ces deux volumes, et nous allons indiquer brièvement quelles sont les qualités les plus saillantes du second.

1° L'auteur commence par la théorie *élémentaire* des intégrales doubles et triples, définition, calcul, changement de variables, formules de Green, Stokes. Puis il fait ce véritable tour de force de donner en 11 pages (p. 58 à p. 69) la théorie des *inté-*

grales multiples les plus générales, ne faisant appel qu'à la partie indispensable de la doctrine des *ensembles*.

Il définit ensuite les intégrales à *champ infini* ou à *élément infini* et fait la théorie rigoureuse de leur réduction à des intégrales simples, de leur dérivation et intégration par rapport à un paramètre, en donnant de nombreuses applications très intéressantes.

Toute cette partie a une grande valeur par sa *précision*, sa *simplicité*, son caractère *pratique*.

D'ailleurs M. de la Vallée Poussin avait publié, dans cet ordre d'idées, deux excellents Mémoires dans le JOURNAL DE M. JORDAN (1899) et dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES (1892), mémoires bien connus de tous.

2° Il est essentiel de dire, dès l'abord, que l'auteur considère toujours et exclusivement des *variables réelles*. Il démontre, par une méthode qui n'est ni celle de *Cauchy* (Calcul des Limites), ni celle de *Cauchy-Lipschitz*, ni celle de *M. Picard* (approximations successives), l'*existence* de l'intégrale unique d'un système d'équations différentielles du premier ordre, et la *continuité* de l'intégrale relativement aux constantes arbitraires (p. 130 à p. 136).

Beaucoup d'équations sont alors intégrées effectivement.

Pour les équations linéaires, M. de la Vallée Poussin introduit, dès l'abord, le *Wronskien* et la formule de Liouville et établit la théorie de l'intégration avec beaucoup de soin, en particulier par la méthode des *multiplicateurs* (p. 183 à p. 186). Dans le cas où les coefficients sont constants, il fait usage des opérations symboliques de Brisson et de Cauchy. Quelques pages sont consacrées aux équations classiques de Bessel et de Riccati, avec une contribution personnelle de l'auteur.

Puis viennent les équations aux dérivées partielles linéaires, intégrées par la méthode de *Gilbert* " qui ne laisse échapper aucune solution ".

L'on peut regretter, peut-être, que l'auteur n'ait pas montré la génération des intégrales par des assemblages de *caractéristiques* ; mais ce n'est point là un grief considérable...

Les équations aux différentielles totales sont étudiées d'une manière détaillée tant pour une équation que pour un système.

L'on peut dire que si, dans toute cette partie, le point de vue est assez élémentaire, il est du moins extrêmement pratique, ainsi qu'il convenait dans une œuvre d'où la variable complexe est exclue à dessein.

3° Les pages 274 à 300 présentent le plus grand intérêt. D'une manière tout élémentaire nous voyons là le *sinus* développé en produit infini, la *cotangente* développée en série, les nombres et polynômes de *Bernoulli*, enfin les *fonctions eulériennes* et la formule complète de *Stirling*. Il me semble excellent de donner tout cela en dehors de la théorie des fonctions synectiques, sauf à y revenir, ensuite, à ce dernier point de vue. Et c'est là une raison de plus pour souhaiter que M. de la Vallée Poussin publie le troisième volume qu'il promet dans sa préface.

4° Encore en peu de pages (p. 300 à p. 324) nous avons les fondements essentiels de la théorie des séries trigonométriques, avec les hypothèses de *Dirichlet*. Le fait que le développement est *unique*, ou théorème de *G. Cantor*, est établi grâce à deux théorèmes de *Riemann* et à un théorème de M. *Schwartz*, préalablement établis.

Ceci constitue un chapitre *capital* au point de vue de la haute spéculation.

5° L'on sait aujourd'hui, grâce surtout à Weierstrass, à quel point le calcul des *variations* présente d'immenses difficultés. M. de la Vallée Poussin réserve pour le volume suivant une exposition détaillée de ces délicates questions. Il nous donne ici les moyens les plus commodes pour obtenir les *conditions nécessaires* de variation nulle. Viennent ensuite quelques formules très utiles de la théorie des *différences*.

6° Les questions de géométrie sont très classiques. Elles sont exposées avec élégance et précision, et ici comme partout l'auteur donne un excellent choix d'*exercices*.

En somme, l'on peut dire que ce livre est *élémentaire*, puisque les ingénieurs et les physiciens y trouveront un très grand nombre de *faits* analytiques utiles, indispensables pour l'application des mathématiques — et l'on peut dire que ce livre est *élevé*, puisque les géomètres y trouvent de très hautes théories touchant la notion d'*intégrale* et les développements en *série de Fourier*.

Partout des moyens simples, normaux, rapides; partout une impeccable rigueur.

Tous ceux qui feront usage de ce cours acquerront une formation parfaite. Tous ceux qui l'auront lu souhaiteront voir exposées par le même auteur la théorie des fonctions synectiques, la théorie des variations avec ses récents progrès, la théorie des équations aux dérivées partielles du 1er et du 2me ordre, si indispensable au physicien...

L'auteur, bien connu pour ses travaux sur la définition de l'intégrale et sur la fonction ζ de Riemann, s'est révélé parfait professeur dans ses deux premiers livres d'enseignement.

R. D'ADHÉMAR.

II

LEÇONS D'ALGÈBRE ET D'ANALYSE, par JULES TANNERY, professeur à l'Université de Paris. 2 vol. gr. in-8° de 423 et 636 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

L'enseignement des mathématiques dans les lycées français vient de subir une importante réforme. A la suite des délibérations d'une commission interministérielle, dans laquelle siégeaient, à côté des représentants de l'enseignement universitaire, ceux des diverses écoles spéciales se recrutant dans les hautes classes des lycées, un nouveau programme a été édicté qui fait rentrer dans le cycle de ces classes un certain nombre de notions, plus particulièrement d'analyse (éléments du calcul intégral et de la théorie des équations différentielles) et de mécanique, qui appartenaient jusqu'ici à celui des écoles spéciales. La tendance universitaire a été manifestement de garder le monopole de la culture générale exigée pour l'étude approfondie des sciences en vue de leurs applications ultérieures ; le but qu'elle a visé a été de concentrer dans l'enseignement des lycées *tout* ce qui pouvait paraître essentiel en vue des besoins généraux de telle ou telle spécialité ; c'est aux écoles à découper dans ce programme général la matière de leurs examens suivant ce qu'elles considèrent comme leurs propres besoins. Ce que vaut une telle organisation, l'avenir le dira. Il semble bien, en dépit du soin qu'ont mis les membres de la commission sus-nommée à élaguer tout ce qui leur a paru superflu, que le total de ce qu'ils ont ajouté l'emporte sensiblement sur celui de ce qu'ils ont retranché et que, en définitive, l'assimilation de toutes les matières que renferme le programme représente un bien gros effort pour des jeunes gens de 18 à 20 ans. Il convient, d'ailleurs, de reconnaître que c'est, avant tout, ici une question de mesure et que, si les professeurs tiennent rigoureusement compte des recommandations formulées par la commission même, le danger du surmenage sera atténué ; il faut pour cela qu'ils sachent résister aux imita-

tions du désir de faire, aux examens, briller leurs élèves d'un éclat emprunté, au grand détriment des qualités de fond.

Quoi qu'il en soit, voici, en ce qui concerne la science du nombre, comment, dans son rapport préparatoire aux travaux de la commission, s'exprimait le vice-recteur de l'Académie de Paris :

" L'algèbre ou l'analyse est cependant la base de tout notre enseignement supérieur. Elle apprend à calculer, à raisonner, à réfléchir ; elle exige un effort continu, une attention sans défaillance, une vue incessante de la route parcourue ; elle procède par des méthodes générales ou généralisables. Par tous ces caractères et ces effets, elle est une excellente éducatrice des esprits. Elle n'a pas une moindre utilité pratique ; elle est l'outil vraiment universel, celui dont tous auront besoin : savants, ingénieurs, officiers, physiciens. Elle devrait, par suite, avoir dans les programmes la place dominante ; or, elle n'y a qu'une place subordonnée. Examinateurs et professeurs semblent d'accord, ceux-ci pour la restreindre dans l'examen, ceux-là pour l'expédier au plus vite dans l'enseignement, trop oublieux de sa grande vertu éducative et de sa supériorité pratique.

„ En revanche, trop de géométrie analytique ; non pas que cette branche des mathématiques soit sans efficacité éducative ; elle vaut par les représentations graphiques et par les expressions concrètes des formules abstraites ; mais, poussée trop loin, et elle est poussée trop loin, elle aboutit à un pur mécanisme...„

C'est dans l'esprit que définit le passage ci-dessus qu'a été réformé le programme d'algèbre et d'analyse dont les principales innovations ont trait à l'étude des fonctions définies par des séries entières, aux éléments du calcul intégral borné aux quadratures classiques et à leurs principales applications géométriques, à l'intégration des équations du premier ordre dans le cas où les variables se séparent et dans celui où l'équation est linéaire, à l'intégration de l'équation linéaire du second ordre à coefficients constants.

Un des maîtres les plus éminents ayant pris part aux travaux de la commission de réforme, M. Jules Tannery s'est proposé, pour sa part, de développer en un ouvrage magistral le nouveau programme d'algèbre et d'analyse. Ce que peut être un tel exposé, sous une plume à la fois si experte et si élégante, tous ceux qui ont eu déjà occasion d'étudier les publications antérieures de M. Tannery peuvent, *à priori*, s'en faire une idée. Et pourtant, le présent ouvrage dépasse peut-être encore ce à quoi on était en droit de s'attendre de son auteur ; avec lui pourra être

faite la preuve qu'il est possible de pousser fructueusement une étude à bout rien qu'avec le secours du livre. Cette dernière observation fait pressentir tout le parti que les maîtres, non moins que les élèves, auront à retirer de cet excellent traité. Il nous suffira d'en donner ici une rapide analyse tendant cependant à dégager quelques idées qui contribuent à imprimer à l'œuvre son cachet particulier.

Le chapitre I contient un exposé de la théorie des nombres irrationnels fondée sur la notion de coupure et dont il suffit de dire qu'il résume les publications antérieures de l'auteur sur ce sujet, tant celles-ci peuvent, aujourd'hui, être considérées comme classiques.

Dans le chapitre II, relatif aux polynômes, se trouve habilement préparé tout ce qui sert à l'étude d'une fonction développée en série entière, et, dans le chapitre IV, relatif aux fractions rationnelles, tout ce qui sert à l'étude des fonctions qui deviennent infinies comme ces fractions ; le sens de la décomposition des fractions rationnelles est ainsi bien éclairci. La division des polynômes est traitée à fond au chapitre III. Le même souci d'amorcer les parties élevées de l'algèbre se rencontre dans la façon dont est présentée, au chapitre V, la théorie du plus grand commun diviseur.

Deux chapitres, VI et VII, sont consacrés aux nombres imaginaires ; le point de vue de Cauchy (et de Kronecker) sur l'origine et le rôle des nombres imaginaires y est mis en évidence d'une façon très élémentaire. Dans le second, est exposée la représentation géométrique.

Le chapitre VIII contient les éléments de l'analyse combinatoire et la formule du binôme.

Au chapitre IX, les équations du premier degré sont étudiées d'abord sans la considération des déterminants ; il convient d'y souligner le soin avec lequel l'auteur traite de la résolution des équations numériques, question capitale pour les applications, sur laquelle le plus souvent les livres didactiques insistent insuffisamment ; d'un autre côté, l'étude des équations à deux et trois inconnues prépare visiblement la théorie des déterminants développée au chapitre X. Cette théorie des déterminants rencontre parfois des détracteurs qui ne veulent y voir qu'une algorithmie de luxe sans intérêt véritable pour ceux qui étudient les mathématiques principalement en vue de leurs applications ; une telle manière de voir est aujourd'hui battue en brèche par l'utilisation constante de la notion de déterminant dans le

domaine de la Nomographie, où elle rend d'inestimables services. A la suite de cet exposé des propriétés fondamentales des déterminants, la théorie des équations du premier degré est reprise dans toute sa généralité, de manière à préciser avec une parfaite netteté ce qu'est la dépendance, ou l'indépendance, de telles équations ; les applications à la géométrie analytique sont ainsi bien préparées, sans d'ailleurs qu'aucune d'elles ne soit explicitement traitée. Bien que les méthodes d'élimination d'Euler, de Bézout et de Sylvester aient disparu du programme, l'auteur a cru devoir les traiter rapidement (en six pages), de manière à obtenir les conditions nécessaires et suffisantes pour l'existence de p racines communes finies ou infinies. A la vérité, d'ailleurs, les déterminants de Bézout ou de Sylvester ne sont pas écrits une seule fois.

L'ordre logique aurait sans doute appelé ici la théorie des équations algébriques, le reste du livre étant entièrement consacré à l'analyse. Mais l'auteur se serait ainsi privé de la possibilité de se servir de propositions plus générales utiles pour la résolution numérique ; aussi ne peut-on qu'approuver le parti auquel il s'est fixé de rejeter celle-ci plus loin.

Après les généralités sur les séries, réunies dans le chapitre XI, l'auteur aborde, au chapitre XII, l'étude des fonctions d'une variable réelle, qui constitue l'une des parties capitales du livre.

On est frappé, en parcourant ce chapitre, de la façon précise dont toutes les fonctions sont définies, en particulier les fonctions inverses. Suivant la recommandation de Cauchy, arc tg$x$, par exemple, est toujours compris entre $-\frac{\pi}{2}$ et $\frac{\pi}{2}$; cela supprime d'avance toute ambiguïté dans les intégrations. Quand le sens est changé, intervient un autre symbole : par exemple, arc tg (n tg$x$) pour désigner un arc dont la tangente est égale à n tg$x$ ($n > 0$) et qui est compris entre les mêmes multiples de $\frac{\pi}{2}$ que l'arc x. Avec cette fonction, l'intégration de $\frac{1}{a\cos^2 x + b\sin^2 x}$ se fera sans ambiguïté. Notons, en passant, la façon toute simple dont sont introduites les fonctions hyperboliques, directes et inverses.

Les dérivées, leur application à l'étude de la variation des fonctions sont présentées, au chapitre XIII, surtout au point de vue intuitif, celui qui, incontestablement, convient le mieux à l'enseignement.

Les séries de fonctions font l'objet du chapitre XIV, dont l'importance mérite aussi d'être soulignée. Sans prononcer le

mot de convergence uniforme, l'auteur se sert constamment du théorème de Weierstrass, si simple et si évident. Si l'on suppose $a_i > 0$, et la série $a_1 + a_2 + \ldots + a_n + \ldots$, convergente, puis, dans un intervalle, $| f_i(x) | < a_i$, dans ce même intervalle la série $f_1(x) + f_2(x) + \ldots$ est absolument convergente, et sa somme est continue si les fonctions $f_i(x)$ le sont. Ce théorème suffit amplement, comme le fait voir l'auteur, pour les cas élémentaires. C'est encore lui qui intervient dans la démonstration de la proposition en vertu de laquelle la dérivée de $\Sigma a_n x^n$ est $\Sigma n a_n x^{n-1}$. C'est en partant des équations différentielles que vérifient ces fonctions que, par la méthode des coefficients indéterminés, l'auteur obtient les séries e^x, $(1 + x)^n$, $\log(1 + x)$. La formule de Taylor et le reste de Lagrange sont établis par une voie très naturelle. Il y a d'ailleurs lieu de signaler les vues générales émises à propos de la fonction exponentielle, faisant ressortir les simplifications résultant de l'introduction *à priori* de cette fonction par son développement en série. Cette façon de procéder a l'immense avantage de rendre inutile tout ce qui a trait au calcul des radicaux, aux exposants négatifs ou fractionnaires, ce dont, raisonnablement, personne ne saurait songer à se plaindre. Le paragraphe consacré aux infiniment petits et aux infiniment grands, conçu dans un esprit vraiment pratique, est d'une remarquable précision ; on ne s'y arrête sur la règle de l'Hospital que juste autant qu'il est nécessaire, c'est-à-dire bien moins que certains cours élémentaires, volontiers trop prolixes sur ce point.

Le chapitre XV contient des applications nombreuses et bien conduites à l'étude de la variation d'une fonction et à la séparation des racines.

Dans le chapitre XVI, où sont abordées les équations algébriques, l'auteur insiste beaucoup sur les fonctions symétriques, en ayant soin de distinguer les fonctions symétriques de n variables des fonctions symétriques des n racines d'une équation. On aurait mauvaise grâce à lui reprocher les quelques pages, très substantielles, qu'il a consacrées, en petit texte, aux équations du 3e et du 4e degré, que le nouveau programme a sacrifiées, attendu que, dans les applications, ces équations ne sont pas traitées autrement que les équations numériques de degré quelconque.

Le chapitre XVII introduit la notation différentielle en vue surtout de l'étude des courbes planes. Les idées de l'auteur sur ce point sont assez originales pour que nous y insistions un peu.

Il sépare, en effet, nettement la notion de différentielle de celle d'infiniment petit; les différentielles des variables indépendantes x, y, z, ... sont pour lui d'autres variables indépendantes qui leur correspondent respectivement et que l'on désigne par dx, dy, dz, ... ; la différentielle d'une fonction $f(x, y, z)$ est la forme linéaire $f'_x dx + f'_y dy + f'_z dz$; l'importance de cette forme tient essentiellement à la façon dont elle se conserve quand on change les variables indépendantes, et le grand avantage de la notation différentielle est que les variables indépendantes n'ont pas besoin d'être spécifiées. Rien n'empêche d'ailleurs de regarder les différentielles comme des infiniment petits quand on en a besoin.

Dans les notions de calcul intégral, qui constituent le chapitre XVIII, un des plus développés de l'ouvrage, on est frappé du souci qu'a l'auteur de présenter son exposé de façon qu'il ne reste rien de vague dans les applications. En particulier, on ne peut manquer d'être séduit par la façon à la fois simple et rigoureuse dont sont traités les changements de variables, sources, en ce qui concerne les limites, de tant d'embarras pour les débutants et même pour d'autres qui n'ont pas suffisamment réfléchi sur les principes. L'auteur a d'ailleurs eu soin, dans les exemples qu'il a développés, d'aller presque toujours jusqu'aux valeurs numériques.

A titre d'observation générale, on peut remarquer que les démonstrations de M. Tannery sont intuitives, autant que possible, ce qui, en effet, convient le mieux, et de beaucoup, à des débutants ; il fait aussi constamment appel à la représentation géométrique, afin que le lecteur ait toujours quelque chose de concret devant les yeux, ce dont, pour notre part, nous ne saurions trop le féliciter. Quand les exigences de la rigueur l'entraîneraient à des développements hors de proportion avec le but à atteindre, il n'hésite pas, avec grande raison, à laisser une lacune, mais il le dit avec une netteté qui met le lecteur dans l'impossibilité de rester sur une idée fausse ; c'est, à notre sens, particulièrement en cela que l'exposé de M. Tannery mérite d'être cité comme un modèle dans le genre didactique.

Outre les nombreux exercices traités, à titre d'exemples, dans le texte même, l'ouvrage en contient plus de quatre cents, d'une remarquable variété, proposés, en fins de chapitres, au lecteur.

" ... Le parfait enseignement, dit M. Tannery dans sa préface, serait, à mon sens, un enseignement tel que celui qui l'a reçu et qui se l'est complètement assimilé s'étonne du peu de place que

tiennent dans sa propre pensée les principes fondamentaux, les théories qui s'en déduisent, les méthodes qui en résultent, parce que ces principes sont si clairs, ces déductions si naturelles, ces méthodes si aisées qu'il peut à chaque instant les retrouver sans effort. Est-il besoin de dire que je n'ai nullement la prétention de m'être approché de cet idéal, même de loin ? „

En cette dernière phrase, il nous semble que l'auteur s'est laissé égarer par sa parfaite modestie. Son ouvrage nous paraît, au contraire, s'être approché, autant que cela est humainement possible, de l'idéal qu'il a si bien défini dans les lignes qui précèdent, et, sur nombre de points, il inaugure des méthodes didactiques destinées à s'imposer avec force en dépit des habitudes antérieures.

Nous ne saurions non plus nous dispenser de louer la superbe exécution du livre qui, une fois de plus, vient attester la supériorité, dès longtemps proclamée, de la maison Gauthier-Villars.

M. O.

III

Encyklopädie der Elementar-Mathematik. Ein Handbuch für Lehrer und Studierende von Heinrich Weber, Professor in Strassburg, und Josef Wellstein, Professor in Giessen. In drei Bänden. — Erster Band : *Elementare Algebra und Analysis.* Zweite Auflage. — Zweiter Band : *Elemente der Geometrie.* — Deux volumes in-8° de xviii-539 et xii-604 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905 et 1906 (1).

L'*Encyclopédie des Mathématiques élémentaires*, par MM. Weber et Wellstein, est excellente et devrait se trouver dans la bibliothèque de tous les professeurs de mathématiques de l'enseignement moyen. La meilleure preuve de son mérite est le succès éclatant avec lequel elle a été accueillie en Allemagne. Le premier volume parut en 1903 et, deux ans plus tard, avant même que le troisième volume n'eut vu le jour, les auteurs étaient obligés d'en donner une nouvelle édition.

Conçue dans le plan de tous les ouvrages de ce genre, l'*Encyclopédie* est une manière de dictionnaire d'information ou, si

(1) Le troisième volume est en préparation.

l'on veut, d'aide-mémoire, mais ce n'est pas un cours complet de mathématiques élémentaires. Les démonstrations des théorèmes y sont omises, ou tout au plus indiquées dans leurs grandes lignes. Contrairement à ce qu'on pourrait croire, les renseignements bibliographiques y sont nuls ou fort rares, à l'exception toutefois d'un chapitre entier consacré aux fondements de la géométrie. Pour justifier en cela tant la règle que l'exception, les auteurs regardent la bibliographie comme affaire à réserver aux grandes encyclopédies ; or on sait que dans la grande encyclopédie allemande la bibliographie de la géométrie élémentaire n'a pas encore paru.

A signaler aussi dans la réédition du tome I, une innovation heureuse empruntée à l'édition française de l'*Encyclopédie des sciences mathématiques*, je veux dire les chapitres donnant des notions historiques sur divers théorèmes particuliers.

Voici le résumé succinct des matières traitées :

Tome I. *Livre I. Fondements de l'Arithmétique.* 1° Nombres naturels ; 2° Opérations fondamentales; 3° Division et fractions; 4° Nombres irrationnels ; 5° Proportions ; 6° Puissances et logarithmes ; 7° Équations du 1er degré ; 8° Équations du 2d degré et nombres imaginaires ; 9° Permutations et combinaisons ; 10° Applications diverses.

Livre II. Algèbre. 11° Équations algébriques ; 12° Théorèmes fondamentaux de l'algèbre ; 13° Équations indéterminées du 1er degré ; 14° Équations indéterminées du 2d degré ; 15° Fractions continues ; 16° Solutions algébriques des équations des 3e et 4e degrés ; 17° Recherche des racines des équations numériques ; 18° Division de la circonférence ; 19° Démonstration de l'impossibilité de la solution générale de ce problème.

Livre III. Analyse. 20° Séries infinies ; 21° Séries infinies à termes alternativement positifs et négatifs ; 22° Séries convergentes infinies servant au calcul de la fonction exponentielle et des fonctions trigonométriques ; 23° Développement du binôme en série ; 24° Séries logarithmiques ; 25° Produits infinis ; 26° Transcendance des nombres e et π ; 27° Fonctions, différentielles, intégrales.

Tome II. *Livre I. Géométrie élémentaire.* 1° Étude critique des concepts élémentaires ; 2° La géométrie naturelle ou euclidienne n'est qu'un cas particulier de la métagéométrie ; 3° Fondements de la géométrie projective.

Livre II. Trigonométrie. 5° Trigonométrie plane et polygonométrie ; 6° Géométrie et trigonométrie sphériques : *A)* Orienta-

tion des arcs et des angles à la surface de la sphère ; *B)* Formules du 1er ordre ou formules auxquelles s'applique la loi du triangle de Möbius ; *C)* Formules du 2d ordre ou formules auxquelles cette loi n'est pas applicable ; *D)* Trigonométrie sphérique appliquée.

Livre III. Géométrie analytique et stéréométrie. 7° Géométrie analytique plane ; 8° Point, plan et droite dans l'espace ; 9° Cubatures et quadratures ; 10° Groupes de révolution et polyèdres réguliers ; 11° Géométrie analytique de l'espace.

Chacun des deux volumes se termine par une table alphabétique des matières.

H. B.

IV

LEHRBUCH DER ANALYTISCHEN GEOMETRIE. Erster Band : *Geometrie in den Grundgebilden erster Stufe und in der Ebene*, von L. HEFFTER, Professor an der Universität Kiel, und C. KOEHLER, Professor an der Universität Heidelberg. Un vol. in-8° de XVI-526 pages. — Leipzig et Berlin, B. G. Teubner, 1905.

Tout en étant systématique et même, si l'on veut, élémentaire, en ce sens du moins qu'il forme par lui-même un tout complet, le volume de MM. Heffter et Koehler n'est cependant pas écrit pour des commençants. En principe, il ne suppose, il est vrai, chez le lecteur, aucune connaissance de la géométrie analytique, mais, pour être compris, il exige néanmoins une grande habitude de cette science. C'est que, dans leur exposition, les auteurs suivent un ordre extrêmement abstrait et purement logique. Ils commencent par les vérités les plus générales de la géométrie projective, pour descendre de là à la géométrie affine et de celle-ci à la géométrie équiforme, chacune de ces géométries étant regardée comme une particularisation de la précédente. Les auteurs ont cru pouvoir imaginer cet enchaînement comme suit : " La géométrie projective est comme le simple dessin d'un tableau, la géométrie affine y pose une première couche de couleur, la géométrie équiforme en ajoute une seconde pour produire par là les nuances multicolores auxquelles notre œil est habitué. „ On discutera, peut-être, le mérite et l'opportunité

d'une exposition de ce genre dans un cours oral, mais dans un volume imprimé elle forme incontestablement un essai original des plus intéressants.

H. B.

V

ANFANGSGRÜNDE DER DARSTELLENDEN GEOMETRIE FÜR GYMNASIEN, von FRITZ SCHÜTTE, Oberlehrer am Gymnasium zu Düren. Un vol. in-8° de 41 pages. — Leipzig et Berlin, B. G. Teubner, 1905.

Le récent programme de 1901 a mis les éléments de la géométrie descriptive au nombre des branches qui doivent être enseignées dans les gymnases allemands; mais il paraîtrait, d'après M. Schütte, que jusqu'aujourd'hui un manuel vraiment pratique à mettre entre les mains des élèves ferait encore défaut. Sans doute, ajoute-t-il, les bons traités de géométrie descriptive ne manquent pas. A l'occasion de la loi de 1901, on a même vu surgir de tous côtés de nouveaux cours de géométrie descriptive élémentaire, mais il n'y a guère lieu d'en être satisfait; ils sont trop complets, rebutent les enfants et leur font perdre de vue l'esprit de la science.

Ces quelques considérations de la préface montrent le point de vue particulier où s'est placé M. Schütte. Son livre est court, clair et des plus élémentaires. Les figures sont soignées et l'impression fort belle, qualité toujours recommandable dans un manuel scolaire.

H. B.

VI

DIE PLANIMETRIE FÜR DAS GYMNASIUM, von G. HOLZMÜLLER. I Teil, von Quarta bis Untersekunda einschliesslich reichend. 2e édit. Un vol. in-8° de VII-240 pages. — Leipzig, Teubner, 1905.

Ouvrage conforme au nouveau plan d'études prussien de 1901. Il embrasse le premier cycle de la géométrie et une partie du second.

Le premier cycle doit être pour l'enfant une introduction facile, intéressante, suggestive. L'intuition, le dessin, la construction de modèles font tous les frais du programme : ils ne font pas tout l'enseignement du maître. A lui de dégager des éléments concrets, des démonstrations expérimentales, les concepts abstraits de la géométrie, d'en montrer les relations, d'acheminer la jeune intelligence vers la notion de la démonstration logique, de la lui faire désirer, de lui donner l'impression qu'elle est indispensable, de l'amorcer même dans la mesure où le permettra le développement déjà acquis. Supprimer ou négliger cet aspect de l'enseignement mathématique du premier cycle, c'est en annuler la portée pédagogique, c'est fausser, peut-être irrémédiablement, l'esprit de l'enfant. Avec cette mentalité qui consiste à prendre pour équivalentes les expressions " trouver ou rencontrer la solution d'un problème „ et " résoudre un problème „ on s'interdit l'accès de la mathématique supérieure où la *démonstration par exemples* accumulerait contradiction sur contradiction.

Ainsi précisés, le programme et la méthode d'enseignement du premier cycle sont-ils compatibles avec l'introduction d'un *manuel scolaire?* Les manuels eux-mêmes et l'expérience répondront. En tout cas, il nous semble que le texte qu'on pourra mettre entre les mains de l'enfant devra se réduire à un minimum, n'encombrant pas les abords de la géométrie de définitions raffinées. A ce point de vue, le début du livre de M. Holzmüller nous paraît moins heureux. Quatre paragraphes de définitions successives où l'auteur décrit le point, la ligne, la droite. Voilà pourtant des idées toutes faites déjà dans l'esprit de l'enfant : on peut s'en servir hardiment comme base d'une première étude quasi expérimentale de la géométrie. Un point est quelque chose dans l'esprit et dans l'imagination du jeune débutant; je crains bien que " une figure spaciale purement logique sans aucune dimension „ ne lui dise plus rien; d'autant plus qu'on l'avertit en note que, pour *voir* un point, il devra imaginer à la place de l'œil un *unendlich scharfes geistiges Auge*, qui doit être regardé lui-même comme un point mathématique.

S'il faut un manuel pour les commençants, le meilleur ne serait-il pas un simple recueil d'exercices à faire? Le maître garderait pleine liberté — condition du succès du nouveau plan d'études élémentaires — pour tirer des représentations matérielles les concepts et les définitions de la géométrie proprement dite, et pour transposer les faits d'intuition, le plus qu'il le

pourra, mais comme il l'entend, dans le cadre ébauché de la vraie science géométrique.

Si l'excès de méthode et de classification nous paraît nuisible dans un manuel destiné aux élèves d'un premier cycle d'études, dans le second cycle au contraire ces qualités viennent prendre la première place. L'ouvrage que nous analysons la leur donne. L'exposé de la géométrie est simplifié; l'élagage a été mené avec discernement, laissant debout et mettant mieux en relief, par son isolement même, la solide structure de l'antique et classique géométrie grecque. Quelques idées introduites à propos préparent l'enseignement ultérieur : l'élève aura acquis par exemple la notion d'inversion, celle de faisceaux de cercles, etc.

L'abondante littérature éclose de tous côtés sous l'influence des réformes de programmes réalise incontestablement un progrès. Mais, œuvre d'hier, faut-il s'étonner qu'elle ne soit pas parfaite? Félicitons-nous des efforts tentés. L'expérience éliminera peu à peu les tentatives moins fructueuses pour affermir et consacrer celles qui relèveront véritablement les belles études mathématiques.

F. W.

VII

EINLEITUNG IN DIE FUNKTIONENTHEORIE, von STOLZ und GMEINER. Zweite Abteilung, mit 11 Figuren im Text. Un vol. in-8° de VIII-598 pages. — Leipzig, Teubner, 1905.

Signalons comme caractéristiques de cet ouvrage :

1° Sa tendance franchement arithmétique;

2° Le parti pris d'exclure tout recours au calcul différentiel et intégral.

Cette introduction à la théorie des fonctions est pénétrée de l'esprit de Weierstrass. L'étude des fonctions n'est autre chose que l'étude des modes de combinaison du nombre; la combinaison la plus féconde est la série potentielle. Prise comme élément de fonction, elle donne naissance à un nouvel ordre de combinaisons dont les ramifications envahissent presque tout le champ actuellement exploré de l'analyse. Le chapitre sur les produits infinis est traité sans appel aux séries logarithmiques correspondantes. L'exposé se distingue par sa précision concise.

Ch. VI. Critères de convergence des séries (d'après Pringsheim). Passage au cercle de convergence. Ch. VII. La fonction analytique homogène d'après Weierstrass. Ch. VIII. Fonctions circulaires. Ch. IX. Produits infinis. Ch. X. Fractions périodiques finies. Ch. XI. Fractions périodiques infinies.

F. W.

VIII

ELEMENTE DER VEKTOR-ANALYSIS, mit Beispielen aus der theoretischen Physik, von A. H. BUCHERER. 2e édition. Un vol. in-8° de VIII-103 pages. — Leipzig, Teubner, 1905.

Le lecteur de ce petit volume se sera convaincu de l'avantage et du secours que trouverait la physique mathématique dans l'emploi des notations du calcul vectoriel. L'usage de ce symbolisme condensé et suffisamment transparent n'a guère pénétré dans les manuels français.

Une première partie de l'ouvrage traite des opérations fondamentales sur les vecteurs; la seconde rassemble en quelques chapitres substantiels les transformations vectorielles couramment usitées en physique : théorème de Gauss, théorème de Green, etc.

L'étudiant qui s'apprête à aborder les théories de la physique mathématique — théorie de la chaleur, du magnétisme, théorie de Clerx-Maxwell, et d'autres — épargnera temps et peines en demandant à cet excellent ouvrage de lui servir d'introducteur. Il évitera ainsi de recommencer indéfiniment, sous des formes diverses, les mêmes transformations; il discernera plus aisément, sous les revêtements variés des diverses parties de la physique, l'unité de la structure mathématique.

F. W.

IX

VORLESUNGEN ÜBER DIE VEKTORENRECHNUNG, MIT ANWENDUNGEN AUF GEOMETRIE, MECHANIK UND MATHEMATISCHE PHYSIK, von E. JAHNKE. Un vol. in-8° de XII-225 pages. — Leipzig, Teubner, 1905.

Cet ouvrage se distingue du précédent par un caractère scientifique d'un ordre plus élevé. Tout en cherchant à rendre son enseignement pratique et à le débarrasser de tout " lest „ inutile, l'auteur n'a pas sacrifié le plaisir de lui donner une allure philosophique. Il fonde son exposé sur un concept logique purement abstrait, indifférent par lui-même à représenter l'être tout géométrique et tout intuitif que nous appelons *vecteur*.

Le physicien de laboratoire, l'ingénieur d'usine seront tentés peut-être de trouver que cette méthode alourdit la définition des opérations fondamentales et rejette à l'arrière-plan des applications leur signification géométrique. En revanche, le théoricien qui a le loisir et se sent le goût de pénétrer les rapports logiques des formules dont il se sert journellement, parcourra ces leçons avec plaisir; nous ajouterons qu'il les *vivra*, tant elles ont gardé du cours de l'École technique de Charlottenbourg, où elles ont été prononcées, l'animation vive du maître qui a conquis l'attention active de son auditoire, et qui lit dans les yeux de ceux qui l'écoutent l'action et la réaction de sa propre pensée.

F. W.

X

La Science moderne et son état actuel, par Émile Picard, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne. Un vol. in-18, de 299 pages de la *Bibliothèque de Philosophie scientifique*. — Paris, Flammarion, éditeur, 1905.

Ce volume est le développement du rapport général sur les progrès récents des sciences que l'auteur avait été appelé à rédiger à l'occasion de l'Exposition universelle de 1900. Cette origine suffit à en déterminer le caractère : il s'agit d'une œuvre avant tout objective, où la personnalité de l'auteur ne se montre qu'avec discrétion. Certains trouveront, sans doute, que le mathématicien transparaît cependant dans ce premier chapitre consacré *au développement de l'analyse mathématique et à ses rapports avec les autres sciences*, alors que les mathématiques ont leur place propre, avec l'*astronomie*, dans le chapitre II. Puis viennent *la mécanique et l'énergétique, la physique de l'éther, la physique de la matière et la chimie, la minéralogie et la géologie, la physiologie et la chimie biologique, la bota-*

nique et la zoologie et enfin, en dernier lieu, *la médecine et les théories microbiennes.*

Condenser dans un volume de 300 pages à la fois les résultats de tant de sciences et les grands courants d'idées auxquels elles donnent lieu présentement constituait un problème singulièrement ardu, et dire simplement que M. Picard a su le résoudre à la satisfaction de tous suffit à faire l'éloge du savant et de l'écrivain.

Nous aurions cependant une petite chicane à lui opposer, parce que nous trouvons une lacune dans son plan : il n'y a pas fait la plus petite place à la *logique algorithmique* ou *logistique,* selon le terme qu'on préférera. Nous savons bien que ce n'est pas là une science proprement dite, mais plutôt une méthode ; mais cette méthode a une si haute portée philosophique qu'elle méritait bien une petite place. Nous savons aussi que la logistique n'a pas encore ses grandes entrées dans les académies ; mais nous savons aussi que, grâce à M. Peano, elle est, depuis plusieurs années, sortie du champ exclusif des discussions philosophiques pour entrer dans celui des applications scientifiques, et nous eussions aimé que M. Picard saluât au moins ce premier épanouissement d'une fleur née du rêve incessant de Leibniz.

Mais laissons ce détail et examinons d'un peu plus près le volume. Nous ne saurions évidemment songer à passer en revue, à la suite de l'auteur, tout le cycle de la science humaine, et nous devrons nous attacher à ce qui y occupe le moins de place, c'est-à-dire à ces discrètes indications qui tendent à révéler les conceptions générales de l'auteur.

Ainsi qu'on peut le prévoir, c'est surtout dans le premier chapitre, déjà mentionné, que se montrent ses idées personnelles. Si d'ailleurs il y donne le tableau du grand rôle joué par les mathématiques dans les diverses sciences, ce n'est pas sans faire ressortir tout ce que les mathématiques pures doivent aux mathématiques appliquées. Au XVIIIe siècle, la grande majorité des recherches analytiques ont pour occasion un problème de géométrie et surtout de mécanique ou de physique ; le besoin de rigueur ne se fait pas beaucoup sentir, et d'Alembert traduit bien la tendance dominante en disant aux scrupuleux : " Allez en avant et la foi vous viendra ".

Au commencement du XIXe siècle, la même inspiration subsiste avec Fourier ; mais déjà se fait sentir une conception plus haute de la science mathématique, car, à l'opinion de Fourier que son but principal est l'utilité publique et l'explication des phéno-

mènes naturels, Jacobi oppose cette pensée que *le but unique de la science c'est l'honneur de l'esprit humain*, et Gauss appelait les mathématiques la reine des sciences et l'arithmétique la reine des mathématiques. De cet esprit sont sorties toutes les préoccupations logiques et esthétiques qui ont donné une physionomie si caractéristique à tant de travaux des deux derniers tiers de ce siècle. Mais M. Picard est un esprit trop pondéré pour s'attacher exclusivement à l'une de ces deux tendances, qu'il serait puéril, dit-il, d'opposer l'une à l'autre, ajoutant que l'harmonie des sciences mathématiques est dans leur synthèse.

Certains autres chapitres mériteraient de fixer notre attention, comme précisant des aperçus sommaires du premier. C'est ainsi que, dans le troisième, à l'histoire de la genèse de la mécanique, nous voyons succéder un aperçu des modes d'exposition déductifs qui, condensant en quelques postulats les résultats auxquels a conduit la succession d'efforts et de tâtonnements des créateurs de la science du mouvement, permet d'en tirer ensuite, d'une façon bien séduisante, toute la science mécanique. La vérification expérimentale des conséquences les plus lointaines sert de justification des postulats posés à la base. Mais M. Picard est trop soucieux des exigences de l'enseignement pour ne pas noter que ces postulats, placés au début, paraissent singuliers à ceux devant qui on les énonce pour la première fois.

Puis vient la question de savoir si toutes les transformations du monde physique se produisent d'après les lois de la mécanique, et, à ce propos, l'auteur se pose cette question préliminaire : " Quel est le sens exact de cette assertion, si toutefois elle en a un ? „ Il montre ensuite combien il est difficile d'y répondre. Un des sens les plus satisfaisants est celui qui consiste à considérer un phénomène comme expliqué mécaniquement quand on a pu poser des équations différentielles qu'il vérifie. Mais ces équations exigent souvent l'introduction de masses cachées, et ne peut-on dire que ces masses cachées ne sont que de mauvaises plaisanteries? Oui, *à priori*, répond M. Picard, non en fait. " Le point capital, dit-il, est d'arriver à des relations entre les quantités mesurables, permettant de prévoir les phénomènes ; les quantités inaccessibles sont des variables auxiliaires, que l'on cherche ensuite à éliminer. „

La réponse nous paraît quelque peu empreinte de la marque de ce *nouveau positivisme* qui entraîne en ce moment plus ou moins tous les esprits. Bien que reconnaissant la justesse de maintes remarques sur lesquelles il s'appuie, nous avons peine à nous y abandonner.

Sans doute, une masse cachée inventée tout exprès pour expliquer un ordre de phénomènes ressemble à une mauvaise plaisanterie ; mais, si cette masse cachée, au lieu de s'évanouir, une fois ce service rendu, se trouve à point pour expliquer d'autres phénomènes qui n'avaient aucunement concouru à sa définition, ne semble-t-il pas qu'elle commence à perdre son aspect plaisant et à prendre tournure de réalité ?

Nous dirons quelque chose d'approchant à propos des *modèles*. " Supposons, dit M. Picard, que deux phénomènes différents conduisent aux mêmes équations différentielles ; ils sont alors les modèles l'un de l'autre, et pour une même catégorie de phénomènes, il peut y avoir plusieurs modèles... L'accord entre l'esprit et la nature est, dans cet ordre d'idées, comparable à l'accord entre deux systèmes qui sont modèles l'un de l'autre. „

Tout cela est vrai sans doute ; ou plutôt, tout cela serait vrai si le monde n'était formé que de systèmes de phénomènes indépendants les uns des autres. Mais il n'en est pas ainsi ; aussi arrivera-t-il que les divers systèmes de modèles s'harmoniseront ou non, et il n'est peut-être pas illégitime d'espérer que, peu à peu, on pourra ainsi resserrer le choix, non entre des modèles isolés, mais entre des systèmes coordonnés de modèles. Du reste, M. Picard lui-même, dans son Introduction, paraît un peu plus confiant dans les ressources du mécanisme qui, grâce à un élargissement des moules anciens, permettront probablement aux chimistes et aux physiciens, dit-il, de conserver longtemps, en l'entendant bien, la formule cartésienne d'après laquelle toutes les transformations du monde physique se font d'après les lois de la mécanique.

Il faut nous arrêter après ces quelques mots qui touchent à la conception générale de la science, parce que nous ne saurions plus où le faire, si nous nous laissions entraîner, sur les pas de M. Picard, à parler de tous les problèmes qu'agite la science contemporaine.

G. Lechalas.

XI

La Théorie physique, son objet et sa structure, par P. Duhem, correspondant de l'Institut de France, professeur de physique théorique à la Faculté des sciences de Bordeaux. Un

vol. in-8° de 450 pages de la *Bibliothèque de philosophie expérimentale,* publiée sous la direction du Prof. Peillaube. — Paris, Chevalier et Rivière, 1905.

" Il n'est presque aucun chapitre de la physique théorique, dit l'auteur dans son introduction, que nous n'ayons eu à enseigner jusqu'en ses détails ; il n'en est guère au progrès desquels nous ne nous soyons maintes fois efforcé. Les idées d'ensemble sur l'objet et la structure de la théorie physique que nous présentons aujourd'hui sont le fruit de ce labeur prolongé pendant vingt ans. Nous avons pu, par cette longue épreuve, nous assurer qu'elles étaient justes et fécondes. (1) "

Les idées dont M. Duhem nous offre aujourd'hui le développement et la synthèse, sont celles dont il inaugurait l'exposé dans cette Revue il y a quatorze ans. Au début, cette conception nouvelle d'une physique ne relevant que des faits, séparée de la métaphysique par une cloison étanche et, cependant, tout aussi suggestive que l'ancienne de nouvelles recherches et de nouvelles découvertes, a revêtu, aux yeux de savants éminents, une apparence paradoxale qui a provoqué la contradiction. Maintenant que ces discussions ont fourni à l'auteur l'occasion d'écarter des malentendus, il semble bien que l'accord est près de se faire et que le nombre grandit de ceux pour qui les idées du savant professeur de Bordeaux sont " justes et fécondes ".

Je ne m'attarderai pas à en louer l'exposé sobre, limpide, d'une surprenante plasticité et qui réussit, sans effort, à épouser les contours variés d'une pensée souple et vigoureuse. Les lecteurs de la Revue connaissent assez la manière de cet infatigable collaborateur pour qu'il ne soit pas superflu d'en louer les mérites. Je veux me borner à rappeler la pensée maîtresse de la *Théorie physique* et à en ébaucher l'analyse, en suivant l'auteur pas à pas, pour ne pas dire mot à mot.

L'idée centrale de l'ouvrage, qui en résume à la fois les conclusions, c'est cette conception de la théorie physique : " Une théorie physique n'est pas une explication. C'est un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement, aussi exactement que possible un ensemble de lois expérimentales (2). "

(1) *La Théorie physique,* Introduction, p. 2.
(2) *Ibid.,* p. 26.

La théorie physique n'est pas une *explication*. Si l'objet de la théorie physique est d'expliquer les phénomènes, c'est-à-dire de *saisir sous eux la réalité qu'ils recèlent*, on doit admettre qu'elle ne peut prouver avoir atteint son but que si réponse est donnée à ces deux questions : Existe-t-il une réalité matérielle distincte des apparences sensibles ? De quelle nature est cette réalité ? Or, ces deux questions ne ressortissent point à la méthode expérimentale qui ne connaît que les apparences sensibles. Leur solution est l'objet de la métaphysique. Si donc la théorie physique doit donner une explication de la réalité, elle sera subordonnée aux systèmes métaphysiques et participera forcément aux dissensions des philosophes. La réalité fondamentale sera différente pour les péripatéticiens de ce qu'elle est pour les dynamistes, pour les atomistes, pour les cartésiens. Où donc retrouvera-t-on dans ce chaos d'affirmations contradictoires, la belle unité, la rigueur mathématique, qui doivent assurer aux conclusions de la physique le consentement universel ?

Mais, si la théorie physique se déclare impuissante à atteindre directement autre chose que des apparences, à quoi sert-elle ? Réduite à son objet propre, qui est tout d'abord la *représentation* la plus simple, la plus complète, la plus exacte d'un ensemble de lois physiques, elle est de ce chef un immense soulagement pour la raison humaine, et contribue à cette *économie intellectuelle* qui prévient l'encombrement et le désarroi.

Elle n'est pas seulement la représentation des lois expérimentales, elle en est aussi la *classification*. Or, des connaissances classées sont des connaissances d'un emploi commode et d'un usage sûr ; et voilà qu'elle devient un merveilleux outil que rien ne pourrait suppléer.

Ce n'est pas tout. Si l'analyse des méthodes par lesquelles s'édifient les théories physiques nous prouve avec une entière évidence que ces théories ne sauraient se poser en *explication* des lois expérimentales, il n'en est pas moins vrai qu'un acte de foi, que cette analyse est incapable de justifier, comme elle est impuissante à le refréner, nous assure que ces théories, parvenues à un haut degré de perfection, " ne sont pas un système purement artificiel, mais une *classification naturelle* „ où se reflète la réalité.

Dans un article paru récemment (1), M. Duhem insiste sur cette

(1) *Physique de croyant*, dans ANNALES DE PHILOS. CHRÉT., nov. et déc. 1905.

idée. La théorie par ses perfectionnements successifs tend à ranger les lois expérimentales *en un ordre de plus en plus analogue à l'ordre transcendant selon lequel se classent les réalités.* Certes, cette affirmation, ce n'est pas la logique de la science qui l'extorque au savant. Le physicien peut, sans cesser d'être *logiquement* conséquent avec ses principes, représenter par plusieurs théories, *logiquement* inconciliables, des groupes de lois expérimentales ; l'incohérence d'une théorie ne relève pas de ce tribunal. Mais le même sentiment qui nous fait croire à une *classification naturelle* possible, nous pousse à coordonner logiquement nos théories. En sorte que l'unité de la science restera, quoi qu'il en ait, l'aspiration éternelle du savant.

Mais, dira-t-on, parler de *classification naturelle*, c'est bien dire que la théorie digne de ce nom *reflète avec fidélité l'ordre des réalités, l'ordre ontologique.* Dès lors, pourquoi ces longs détours? Pourquoi ne pas marcher droit à cette réalité par la route de la métaphysique? Pourquoi ne pas construire dès l'abord, de ce point de vue, la théorie explicative ? Pourquoi ne pas lui donner d'emblée la perfection vers laquelle elle tend comme un variable vers sa limite, quand on n'en veut faire qu'une classification naturelle ?

Parce que l'histoire de la science nous montre que ce procédé ne serait qu'une illusion. Dans toute théorie physique, il faut distinguer deux parties : une partie représentative, qui lui appartient en propre, et une partie explicative qui, logiquement, la déborde. Or, la vitalité et la fécondité comparées de ces deux parties sont bien différentes. Tandis que la partie représentative se développe pour son compte et persiste à travers toutes les vicissitudes des systèmes métaphysiques, toujours jeune et féconde en découvertes, la partie explicative, caduque et stérile, ne survit jamais à la conception philosophique qui l'a fait naître. " Ce qui est durable et fécond dans la plupart des doctrines physiques, c'est l'œuvre logique par laquelle elles sont parvenues à classer naturellement un grand nombre de lois en les déduisant de quelques principes ; ce qui est stérile et périssable, c'est le labeur entrepris pour expliquer ces principes, pour les rattacher à des suppositions touchant les réalités qui se cachent sous les apparences sensibles (1). „ Attachons-nous donc à perfectionner la partie représentative de la théorie, poussons-la jusqu'à en faire une *classification naturelle:* alors et ainsi

(1) *La Théorie physique*, p. 57.

seulement nous pourrons y contempler, comme en un miroir, l'image fidèle des réalités que recouvrent les apparences sensibles.

Nous n'aborderons pas l'analyse de la seconde partie du livre de M. Duhem, *la structure de la théorie physique*. Ses parties principales ont été publiées ici-même, et nos lecteurs ne les ont pas oubliées. Bornons-nous à en rappeler la conclusion générale.

La théorie physique doit s'acheminer vers sa forme limite qui est celle d'*une classification naturelle*. Mais quelle est la structure actuelle de la théorie physique qui paraît tendre effectivement vers cette limite? Ce ne sont pas les structures mécaniques, au sens étroit du mot, où le seul mouvement local fournit tous les éléments de la construction ; mais plutôt la thermodynamique générale qui confère une égale importance à la quantité et à la qualité, et, par ses symboles numériques, représente également les diverses grandeurs des quantités et les diverses intensités des qualités. Dans la pensée de M. Duhem, la structure de la théorie physique idéale se relierait très étroitement aux doctrines essentielles de la physique péripatéticienne, en ce sens que les constructions de la thermodynamique générale, en se perfectionnant sans cesse, et la cosmologie scolastique réduite à ses affirmations essentielles, nous fourniraient deux images distinctes, puisqu'elles sont prises de points de vue différents, mais nullement discordantes du même ordre ontologique.

P. C.

XII

Traité de géologie, par A. de Lapparent. Cinquième édition refondue et considérablement augmentée, 3 volumes gr. in-8° de xvi-2016 pages avec 883 figures. — Paris, Masson et Cie, éditeurs, 1906.

Il m'échoit le grand honneur de présenter aux lecteurs de la Revue des Questions scientifiques, la nouvelle édition du livre si connu de M. de Lapparent. Les liens si étroits et si anciens qui rattachent le savant professeur à la Société scientifique de Bruxelles, feront que, plus que tous autres, les nombreux membres de la Société se réjouiront du grand et légitime succès, sans précédent dans les annales de la littérature scientifique, dont ce traité est l'objet.

Qu'un ouvrage exclusivement scientifique, aux dehors rébarbatifs et aux dimensions presque imposantes ait su, de prime abord, faire une pareille trouée et en arriver dans le court espace d'un petit quart de siècle à sa cinquième édition, il y a de quoi rendre jaloux le romancier le plus choyé du grand public. On serait tenté d'en rendre tout l'honneur à une soif plus grande et à un goût plus vif de nos contemporains pour les pures productions intellectuelles, si l'on ne savait que les publications de M. de Lapparent se laissent lire à l'égal des plus captivantes éditions littéraires. Je n'apprends rien d'ailleurs à cet égard à aucun des lecteurs de la REVUE, familiarisés de longue date avec le faire d'un de ses plus éminents collaborateurs.

Nous pouvons d'ailleurs nous féliciter de ces rééditions rapides, car elles nous procurent l'avantage de pouvoir être toujours rapidement tenus au courant des nouveautés, dans l'effrayant mouvement scientifique de notre époque. C'est merveille assurément qu'il existe encore des cerveaux synthétiques capables de s'assimiler et de faire assimiler aux autres, la quintessence d'une science devenue mondiale et envahissante comme la géologie.

On pourra juger du travail qu'a nécessité cette remise sur le métier du *Traité de géologie* par le détail des transformations, ajoutes et suppressions qu'énumère le prospectus de cette cinquième édition.

Laissant de côté ce témoignage tangible de la refonte de cette dernière édition, nous nous contenterons d'examiner brièvement ce que présente de neuf le travail. Pour nos lecteurs, ce sera en quelque sorte une rapide revue des progrès des sciences minérales dans ces cinq dernières années.

Le plan général de l'ouvrage est resté le même. Après les modifications profondes et les remaniements que l'auteur a fait subir à ce plan, au cours des éditions précédentes, on ne doit pas s'étonner de voir ce plan arriver à un état d'équilibre stable. Nos connaissances sont en effet suffisantes pour que nous puissions avoir une idée d'ensemble de la nature minérale et, si l'on peut concevoir l'agencement des diverses parties constitutives du monde inorganique autrement que l'auteur, surtout au point de vue du développement logique des idées, si, dis-je, on peut le concevoir autrement que l'auteur, n'empêche que l'ordre qu'il a adopté se montre comme tout à fait didactique et tracé de main sûre et large.

La première partie du traité, celle qui s'occupe de l'étude des

phénomènes géologiques actuels, autrement dit de la géographie physique de notre globe, est celle qui a subi le moins de modifications. Nous ne pouvons pas d'ailleurs dans cette voie espérer des progrès continuels et éclatants. Seules les études patientes et tenaces, poursuivies pendant de longues années, ou des explorations en pays presque inconnus pourront encore nous révéler des choses sensationnelles dans cet ordre d'idées. Pour le reste, tant dans son *Traité de géologie* que dans les éditions successives de ses *Leçons de géographie physique*, M. de Lapparent a eu l'occasion de mettre en vedette les faits les plus saillants d'une science dont il est un des principaux initiateurs en pays de langue française. On trouvera néanmoins résumés en cette dernière édition quelques faits d'actualité concernant des phénomènes naturels qui ont tristement attiré l'attention dans ces derniers temps. Je veux parler des volcans et des tremblements de terre. On trouvera à bonne place une étude des faits impressionnants dont les Antilles ont été le théâtre, faits qui, consciencieusement étudiés par des commissions scientifiques, ont été si riches d'enseignements variés. Un chapitre entier et tout nouveau est consacré à la description des procédés systématiques d'étude des tremblements de terre, autre sujet d'actualité non moins grave. Je souhaiterais voir l'auteur donner un développement plus grand à l'étude de l'hydrologie souterraine et aux méthodes d'investigation de la circulation des eaux souterraines. De nos jours, la géologie a brillamment conquis dans cette voie des titres à la reconnaissance des populations et a servi de guide aux techniciens. Je me permettrai aussi d'appeler l'attention de l'auteur sur la contradiction qui existe entre les résultats de la magistrale étude des eaux de la Meuse par MM. Spring et Prost et les résultats de l'étude d'autres cours d'eau cités dans le *Traité de géologie*. Leur étude a dépassé de loin, en précision et comme somme de travail, tout ce qui avait été fait dans ce genre. Or les conclusions de leurs recherches sont en désaccord avec celles déduites des études de Sir J. Murray. Sans parler d'une foule de conclusions de la plus haute importance, le travail de MM. Spring et Prost a montré avec des preuves indubitables que, pour la Meuse, le travail chimique des eaux souterraines est près de quatre fois plus actif que le travail mécanique des eaux courantes. Pour M. Murray, ce travail chimique ne serait que la moitié du travail mécanique. Il y a là contradiction évidente dont il

importerait d'avoir le fin mot par une de ces analyses critiques dont M. de Lapparent a le secret.

N'oublions pas de signaler que la question des anomalies de la pesanteur, si intéressante pour la connaissance des régions profondes et inaccessibles du globe, a reçu de larges compléments dans cette cinquième édition.

La deuxième partie du *Traité*, celle qui s'occupe de la géologie proprement dite est naturellement celle où les suppressions et les ajoutes ont été les plus nombreuses. Dans ce domaine en effet, rien n'arrête la marée montante formidable des découvertes, et pour trouver du neuf on n'a que l'embarras du choix.

Les chapitres consacrés à l'étude de la pétrographie et de la lithologie sont vraisemblablement ceux qui, de tout l'ouvrage, ont subi le plus de remaniements. L'éminent professeur s'est donné des peines considérables pour nous fournir une bonne classification des roches éruptives. S'il n'y a pas réussi, chose que l'avenir nous apprendra, ce sera une nouvelle preuve à ajouter à tant d'autres de l'impossibilité de classer un chaos qui va toujours en s'obscurcissant sous l'avalanche des noms nouveaux et des descriptions interminables et indigestes. Nous féliciterons l'auteur d'avoir conservé comme base de sa nouvelle classification la notion de composition chimique ou, plus spécialement, de la plus ou moins grande acidité des roches. C'est évidemment là, au point de vue génétique, une donnée de première importance, tandis que nous avons peine à voir dans les questions de texture autre chose que des faits de détail. Importantes pour les pétrographes, qui se contentent de mettre l'œil à leur microscope et pour qui un échantillon est tout un monde, pour le stratigraphe ces variations de texture ne sont que des conséquences souvent très localisées de conditions de milieu diversifiées à l'extrême. Un stratigraphe sérieux ne consentira jamais à laisser classer sous trente-six noms différents une même masse éruptive, une commune origine mais diversifiée de texture par suite de conditions de milieu différentes.

A ceux qui ont de la propension à suivre le goût du jour, pour lequel tout doit prendre en science une tournure mathématique et se ramener à des graphiques et à des diagrammes, je recommande la lecture des chapitres où l'auteur a résumé de main de maître les tentatives américaines et autres pour schématiser la différenciation et la composition des magmas éruptifs. Elles sont intéressantes à plus d'un titre comme moyen de comparaison

je crains bien cependant que ces tentatives ne contribuent à compliquer la pétrographie au lieu de la simplifier.

Si nous passons maintenant à la stratigraphie proprement dite, nous allons constater facilement de notables accroissements dans la dernière édition du *Traité*. Ainsi nous pourrons signaler tout d'abord, pour ne plus avoir à y revenir, deux choses saillantes :

M. de Lapparent a donné avec beaucoup de raison un développement plus grand à la description des formations des régions exotiques. Cette manière de faire trouve sa justification dans les progrès énormes accomplis depuis quelques années dans des régions jadis presque totalement inconnues. Ces progrès, outre qu'ils comblent des lacunes regrettables, présentent un vif intérêt à une époque où les idées de prospection et d'expansion mondiale préoccupent les nations industrielles. Sous ce rapport, les prospecteurs et les voyageurs en pays étrangers, gens qui d'habitude ont rarement le temps de se documenter sur la géologie des pays qu'ils vont visiter, trouveront ici d'excellentes descriptions de pays neufs, descriptions enrichies par surcroît de très nombreuses citations bibliographiques.

M. de Lapparent a encore perfectionné dans cette édition les esquisses paléographiques qu'il avait inaugurées dans l'avant-dernière édition. Sans se faire lui-même illusion sur la valeur absolue de ces essais de reconstitution, il croit bon de les améliorer sans cesse et telle est, je crois, l'idée juste que l'on peut s'en faire. Dans l'état de nos connaissances, de telles reconstitutions sont encore bien précaires, mais ce n'est pas une raison pour ne pas les tenter. Le tout est de ne pas s'exagérer leur valeur et de les considérer comme des embryons indéfiniment perfectibles et présentant du moins ce grand avantage de schématiser à un moment donné l'ensemble de nos connaissances.

Pour ces [illegible] itutions, M. de Lapparent a [illegible] nouveau [illegible] projection co[illegible]hique. Il [illegible] représent[illegible] cela se p[illegible] Berghav[illegible] oitié du [illegible] l'h[illegible]. De cett[illegible]

latéralement deux demi-hémisphères. Je ne sais pas si c'est parce que nous ne sommes pas encore familiarisés avec ce mode de projection, mais il me semble que ce morcellement de la projection, et celui des continents qui en est la conséquence, font perdre à l'innovation ses principaux avantages. Je n'y vois plus guère comme avantage que de mettre en vedette, en plein centre de l'hémisphère complet, les méridiens passant par l'Europe et l'Afrique qui nous intéressent tout particulièrement. Mais les Américains et les Asiatiques vont réclamer, car leurs continents sont horriblement déformés, voire même disloqués.

Un chapitre intéressant de la nouvelle édition est celui qui renferme la description du système archéen. Malgré les attaques incessantes des partisans du métamorphisme à tous crins dans la question de l'existence de l'archéen, je pense que l'auteur est dans la note vraie en admettant qu'il existe, encore accessibles à nos observations, des portions de la primitive écorce du globe. Que ces portions soient faibles et rares, peu importe pour le principe. M. de Lapparent est d'ailleurs le premier à reconnaître que le nombre de ces portions va continuellement en diminuant, par suite des travaux où l'on parvient à rattacher à l'une ou l'autre formation sédimentaire, tel ou tel massif considéré jusqu'ici comme archéen. Ainsi il n'hésite pas, dans sa nouvelle description des massifs archéens alpins, à montrer que beaucoup de ces massifs sont des formations sédimentaires métamorphiques, et, sans tomber dans un excès contraire, il profite des belles recherches dont le tunnel du Simplon a été l'occasion, pour montrer que la plus grande partie de l'ancien archéen de cette région des Alpes doit être rattachée aux formations sédimentaires. Émettons le vœu que, pour une prochaine édition, l'auteur veuille bien nous donner un coup d'œil d'ensemble sur l'archéen des régions tropicales africaines sur lesquelles la somme de documents commence à devenir assez importante pour justifier une première synthèse.

Abordant ensuite l'étude des formations sédimentaires, l'auteur y trouve d'abord l'occasion d'une importante et heureuse correction à ses éditions précédentes par la création du système précambrien. Quelle que soit l'opportunité d'élever au rang de système ce terrain considéré par lui primitivement comme subordonné au système suivant, je félicite vivement l'auteur de cette modification. Les recherches de l'avenir nous diront l'importance de cette coupure nouvelle, mais il importait de lui enlever au plus tôt un nom, celui d'étage ardennais, qui présup-

posait que l'ardennais de Belgique pût ne pas être du vrai cambrien. Pour tous les géologues belges, sans exception, depuis longtemps, et spécialement pour ceux qui ont eu l'occasion de comparer l'ardennais de Belgique au cambrien classique du Pays de Galles, le synchronisme complet ne peut faire l'ombre d'un doute, non seulement pour les strates fossilifères à Dictyonema, mais pour toutes les couches sous-jacentes. Et puisque je suis ici sur la question du cambrien belge, je me permettrai de faire observer que, pour moi, comme pour la plupart des géologues belges, la classification du cambrien belge par Dumont n'a pas encore été trouvée suffisamment en défaut pour qu'il y ait grand intérêt à la modifier sensiblement, malgré les belles recherches de MM. Gosselet et Malaise.

Arrivant ensuite à l'examen du système silurien, nous voyons avec plaisir que la classification de ce système si intéressant semble avoir pris une forme suffisamment stable pour pouvoir subir l'épreuve d'éditions ultérieures sans nouvelles modifications. Certes, il y aura encore des gens qui trouveront à y redire, car il est de ces géologues qui ont la spécialité de ces bouleversements de classements, mais la stabilité a bien aussi ses avantages, ne fût-ce qu'au point de vue didactique. Il ne serait pas possible, dans un compte rendu nécessairement restreint, de passer en revue, même sommairement, toutes les nouveautés signalées dans la description des terrains. C'est presqu'à chaque page que l'on voit renseignés les travaux les plus récents et qu'éclate le souci de l'auteur de tenir à jour cette partie si importante de son œuvre. On me pardonnera de faire un peu de particularisme et de me borner à montrer combien les progrès de la géologie belge ont trouvé dans M. de Lapparent un interprète assidu et bienveillant, et c'est justement en m'autorisant de cette bienveillance que je me permettrai, chemin faisant, de lui signaler quelques points laissés dans l'ombre.

Le système carbonifèrien intéresse tout particulièrement l'éminent professeur, si on en juge par le soin tout particulier et par les développements qu'il a donnés à cette partie de son travail.

Ainsi pour la Belgique, les nombreux travaux auxquels a donné lieu la classification du dinantien sont fort exactement résumés, et il en est de même pour toutes les découvertes de nouveaux bassins houillers dont l'Europe occidentale a été le théâtre dans ces dernières années. On trouvera aussi, à propos du même système, l'exposé des idées nouvelles sur la trans-

formation des végétaux en charbon, sur la position systématique de végétaux houillers jadis classés comme cryptogames, sur les accidents tectoniques qui se rencontrent dans les bassins franco-belges, sur la répartition des faunes et des flores houillères et l'usage qu'on peut en faire au point de vue de la détermination de l'âge des terrains, pour ne signaler que les faits les plus saillants.

Concernant l'origine du célèbre poudingue de Malmedy, je me permettrai de faire remarquer qu'il a été l'objet de la part de M. Renier d'une étude remarquable et qu'il n'est plus possible de maintenir l'opinion de M. Gosselet concernant la formation de ce poudingue. Un fleuve qui a traversé un lac ne renferme plus aucun sédiment, à plus forte raison de cailloux qu'il pourrait aller jeter dans un lac inférieur ; et quant à la direction du courant qui a charrié les cailloux de ce poudingue, il était bien certainement dirigé de l'Eifel vers Rochefort, et non de Rochefort vers l'Eifel, comme le prouve à l'évidence la nature des cailloux du poudingue.

On trouvera aussi dans le tome II l'exposé des idées de M. Vandenbroeck concernant le classement des célèbres dépôts à Iguanodon de Bernissart.

Quant à la classification des formations belges allant du cénomanien au montien inclusivement, l'auteur continue à proposer les mêmes groupements que ceux qu'il avait donnés dans la quatrième édition. Je ne crois pas cependant que pendant les cinq années qui se sont écoulées entre les deux éditions, M. de Lapparent ait rallié un seul adhérent belge à ces idées en grande partie appuyées, semble-t-il, sur l'autorité de M. Munier-Chalmas. Tout spécialement il me semble que, après les nombreux travaux qui ont fixé l'âge du tufeau de Ciply, il est impossible de le rapporter au danien. Les bryozoaires et les petits brachiopodes daniens que contient ce tufeau n'ont rien à faire dans la question, puisqu'ils sont remaniés du danien sous-jacent. Quant à réunir le montien au danien, la chose est non moins impossible, puisqu'il n'y a entre eux absolument aucune connexion faunique. Si la faune du calcaire pisolithique est bien celle du montien, ce n'est pas une raison pour réunir le montien au danien, mais bien pour enlever le calcaire pisolithique au danien.

Si nous passons maintenant au tertiaire, nous y verrons que M. de Lapparent y développe les théories nouvelles de MM. Dollfuss et consorts qui modifient complètement les groupements

des étages landeniens et heersiens tels qu'ils figurent dans la légende toute récente de la carte géologique. Plus loin il réunit également en un seul étage les deux divisions que nous appelons en Belgique yprésien et panisélien.

Enfin, pour en finir sur ce sujet, nous dirons que l'on trouvera déjà résumés les travaux cependant absolument récents des géologues anglais, belges et hollandais sur la question des étages les plus élevés du pliocène du bassin anglo-belge. Nous citons ce dernier fait surtout pour montrer qu'avec M. de Lapparent on est sûr de ne jamais être en retard pour les questions qui ont le plus d'actualité.

Le chapitre du quaternaire a été suffisamment retravaillé pour nous tenir au courant des travaux nombreux exécutés dans ce domaine si obscur de la géologie. Nous exprimerons seulement le regret de ne pas y voir l'exposé et la critique par l'auteur des théories de M. Arrhénius sur les causes de la période glaciaire. Ces théories, à coup sûr très ingénieuses, auront toujours eu cet avantage d'ouvrir des voies nouvelles pour l'explication de certains phénomènes géologiques encore peu élucidés. A noter aussi quelques heureuses ajoutes dans les chapitres traitant des gisements éruptifs et des formations métallifères. Profitant de travaux récents, M. de Lapparent a fortement étendu ce qui concerne la genèse des gîtes métallifères.

Mais, pour finir, il nous reste à parler de la partie de son travail qui a le plus bénéficié des dernières découvertes sensationnelles. Je veux parler de la question de l'origine et du mode de formation des montagnes. C'est pour cela surtout que l'on pouvait attendre avec impatience son exposé critique des théories nouvelles, qui depuis quelques années se sont suivies avec une telle rapidité, enchérissant (je n'oserais dire chevauchant) les unes sur les autres, au point qu'il devient presque impossible à ceux qui ne sont pas dans le mouvement, de les suivre.

On sait comment, depuis fort peu d'années, nos idées sur l'orogénie sont bouleversées par la notion des grands charriages et des chevauchements. Appliquant des idées nouvelles et fécondes, quelques géologues, parmi lesquels nous citerons en première ligne MM. Bertrand, Termier, Haug et Lugeon, ont renouvelé complètement la face de nos connaissances sur la structure si intéressante des régions alpines, et donné, pour la première fois, des explications satisfaisantes de questions comme celles des klippes et des schistes lustrés des Alpes,

questions qui, pendant tant d'années, s'étaient dressées comme des sphinx devant le monde géologique. Il y aura profit à suivre l'exposé de ces théories captivantes sous la conduite d'un guide au jugement aussi sûr que M. de Lapparent.

Nous ne déposerons pas la plume sans exprimer le souhait de voir l'auteur, dans la prochaine édition de son magistral *Traité*, compléter les toutes dernières pages de son livre, celles où il expose, de façon si élevée, les théories cosmogoniques. Comme il le dit si bien, une théorie cosmogonique procède nécessairement de l'ensemble des progrès accomplis dans tous les domaines de la science. Ces théories sont donc nécessairement des étapes qu'il faut successivement franchir pour s'approcher de plus en plus d'une perfection qu'elles sont encore loin d'atteindre. C'est ainsi que les théories de M. Faye ont remplacé et amélioré les idées de Laplace. De même, les progrès accomplis ne permettent plus d'admettre dans leur intégrité toutes les théories de M. Faye. Nous serions heureux de voir l'opinion de M. de Lapparent sur le système cosmogonique de M. du Ligondès, dont le nom n'est point inconnu aux membres de la Société scientifique, qui savent tous que ce savant mathématicien est des leurs. Imparfait vraisemblablement comme le sont toutes les œuvres humaines, ce système nous paraît cependant réaliser un progrès sur ses devanciers et nous fait assister d'une façon plus logique à ces grandioses phénomènes de la naissance du monde.

Nous avons plus d'une fois fait allusion, dans les pages qui précèdent, à la prochaine édition du *Traité de géologie*. Quoique nous soyons dans notre pays et que nul n'y soit prophète, dit-on, nous sommes sûrs de ne pas nous aventurer, en prédisant que le succès de cette cinquième édition permettra à la sixième de ne pas se faire désirer plus longtemps que ses devancières.

X. Stainier.

XIII

The origin and influence of the thoroughbred horse, by William Ridgeway, M. A., V. B. A., Hon. D. Litt. 1 vol. de xvi-538 pages. — Cambridge. University Press, 1905.

Cet ouvrage n'intéressera le sportman ou l'éleveur que dans la mesure où ils seraient doublés d'un archéologue curieux ou

d'un zoologiste soucieux des problèmes d'origine. Aussi bien l'auteur a-t-il pour but, comme il le déclare, d'essayer d'une solution personnelle à l'un des problèmes les plus ardus de l'histoire du cheval : l'origine ancestrale de nos races domestiquées et leurs relations biologiques avec les types sauvages ou semi-sauvages.

L'originalité de cette tentative réside moins dans son objet — souvent poursuivi par ailleurs — et dans ses résultats — qui ne rallieront pas toutes les adhésions — que dans la *méthode* employée. La plupart des zoologistes attaqueraient la généalogie de nos pur-sang avec une documentation faite surtout, sinon exclusivement, d'éléments anatomiques et paléontologiques joints à quelques indices précieux déduits des lois de la distribution géographique des faunes. M. Ridgeway, grâce à sa compétence d'archéologue, peut puiser à d'autres sources : il utilise largement les informations d'ordre historique. Rien de mieux, car l'évolution des races chevalines fut en partie contemporaine des civilisations de l'antiquité. Ce point de vue nouveau a, du reste, l'avantage de rendre la présente étude abordable et attrayante pour des lecteurs cultivés qui ne seraient pas des professionnels de la zoologie.

Nous ne pouvons songer à développer ici la thèse de l'auteur, à suivre les vicissitudes et les infiltrations mutuelles des deux grandes familles d'*Equus caballus*, auxquelles peuvent se ramener respectivement les types prédominants du nord et du sud de l'Europe. Nous n'essayerons pas non plus de déceler la traînée si étendue de sang arabe dans la plupart des races européennes, puis, par une vaste induction, de rattacher une bonne partie de celles-ci au cheval barbe, au *Libyan horse*, que l'auteur appelle *Equus caballus libycus* et qu'il considère comme une race naturelle, constituée sur place, dans la région du nord de l'Afrique. Notons seulement que cette dernière opinion contredit — à tort ou à raison? — des vues qui semblaient prévaloir il y a peu de temps et qui se présentaient sous haut patronage (E. R. Lydekker. Proc. Zool. Soc. 1904).

Voici une idée de l'ordonnance des matières traitées par le Prof. Ridgeway. A un chapitre d'introduction sur " les ancêtres des Équidés ", font suite une revue et un classement des Équidés actuellement existants, puis un long (342 pages) et très intéressant chapitre sur les races de chevaux dans les temps préhistoriques et historiques : ici surtout l'érudition de l'auteur peut se donner carrière et achever de dépouiller son livre de cette

raideur guindée inhérente aux travaux de pure systématique. Enfin, une fois établies — par l'archéologie, par l'histoire et par l'observation — les multiples affinités du cheval bai nord-africain, restait à s'enquérir de l'origine de celui-ci : le chapitre IV s'intitule " l'origine du cheval libyen ". Le volume se termine par un chapitre qui ne se rattache qu'indirectement à la thèse générale : c'est un appendice sur " le développement de l'équitation ".

Le texte est appuyé de 143 excellentes illustrations.

J. M.

XIV

AN ELEMENTARY COURSE IN MAMMALIAN OSTEOLOGY, by the Rev. A. M. KIRSCH, C. S. C., professor of Zoology in the University of Notre-Dame. 1 vol. de VI-110 pages. — Notre-Dame, Indiana, University Press.

Ce petit volume marque une adhésion de plus à une méthode d'enseignement qui s'impose de toute évidence en histoire naturelle. Il ne suffit pas au jeune naturaliste d'être un prodige de réceptivité et d'enregistrer passivement, dans une mémoire complaisante, les — combien fastidieuses! — nomenclatures qui surchargent ses programmes. S'il n'arrive à *vivre* un peu sa science, à voir, à toucher, à expérimenter le plus possible, ce qu'il nomme, toute sa " capacité " spéculative et abstraite, fût-elle servie par les plus brillantes aptitudes verbo-motrices, ne lui fera pas dépasser la médiocrité, parce que, dans les sciences expérimentales, il faut autre chose qu'une documentation livresque : il faut le sens et l'intelligence du fait concret et sensible. Quoi qu'il en soit de l'importance qu'il convient d'attribuer à l'ostéologie dans les divers programmes d'études, on reconnaîtra que cette branche se prête excellemment à un enseignement intuitif. On ne peut que féliciter le R. P. Kirsch d'avoir conçu son manuel de telle façon qu'il rende indispensables la présence dans la salle de cours et la manipulation par chaque étudiant des pièces ostéologiques dont le professeur signale les particularités. Nous croyons que les élèves du R. P. Kirsch, après avoir pratiqué les exercices qui concrètent chacune des onze leçons de leur manuel, non seulement connaîtront d'une manière très satisfaisante le

squelette de Mammifères, mais auront dans l'intervalle développé cet esprit d'observation attentive et méthodique, que devrait posséder à forte dose tout médecin et tout homme de science.

J. M.

XV

Le Sorgho dans les vallées du Niger et du Haut-Sénégal. *Culture, récolte, préparation, commerce*, par M. Dumas. — Paris, Aug. Challamel, rue Jacob, 17, 1906 (1905).

Le sorgho est le fruit d'une graminée des plus variables, l'*Andropogon Sorghum* ou *Sorghum vulgare*. Il forme la base de la nourriture des indigènes, dans la région considérée par l'auteur, et est d'un usage assez courant dans toute l'Afrique. M. Dumas en distingue huit variétés qui possèdent des propriétés différentes au point de vue de la consommation, de la conservation et de la facilité de culture. Il indique sommairement les caractères de ces variétés qui, d'après lui, semblent assez faciles à distinguer au point de vue botanique; il passe en revue les modes de culture et de récolte, les maladies auxquelles la plante est exposée et ses principaux ennemis. Il signale ses usages, parmi lesquels nous citerons, en dehors de son emploi comme nourriture de l'homme, son utilité dans la préparation d'une sorte de liqueur fermentée que ne dédaigne pas l'Européen. On est même parvenu, en préparant soigneusement cette boisson fermentée et en y ajoutant du houblon, à en faire une véritable bière. C'est généralement à la femme qu'est dévolue, là-bas, la fonction de brasseur, et le secret d'une bonne fabrication dépend du maintien d'un ferment bien sélectionné.

Des observations réunies par l'auteur, il est permis de conclure qu'une culture de sorgho, faite à l'aide d'un matériel agricole perfectionné, coûterait, pour une surface de 5 hectares, 142 fr. 75, et donnerait un rendement de 1500 kilos au moins par hectare, soit au total 7500 kilos, qui, vendus à 10 centimes le kilo, rapporteraient 750 francs. Les bénéfices d'une telle entreprise justifieraient cette opinion que, dans les régions tropicales, il y aurait souvent plus d'avantage à faire des cultures vivrières qu'à entreprendre des cultures " riches ", dont la pro-

duction n'est pas assurée et dont la valeur des produits est soumise à des variations considérables.

Le travail de M. Dumas, bien que très spécial, mérite d'être pris en considération par les colons et les sociétés agricoles de l'Afrique tropicale occidentale et centrale.

É. D. W.

XVI

Le Rafia. *Exploitation, utilisation et commerce à Madagascar*, par M. Deslandes. Une broch. de 50 pages. — Paris, Aug. Challamel, rue Jacob, 17, 1906 (1905).

Le *Rafia* de Madagascar, tel qu'il se présente généralement dans le commerce, provient d'un palmier, le *Raphia Ruffia*, très répandu dans la grande île où il abonde surtout dans les zones marécageuses. C'est une des plus jolies plantes de la flore indigène. Les feuilles ont des folioles qui atteignent jusqu'à $1^{m},80$ de longueur ; le rachis est de la grosseur du bras. D'après la consciencieuse monographie de M. Deslandes, le *Rafia* exploitable doit être âgé d'au moins 15 ans, mais ce n'est que vers l'âge de 40 à 50 ans qu'il atteint toute sa vigueur et c'est alors qu'il commence à fructifier.

Nous ne pouvons suivre l'auteur dans toutes les observations qu'il présente sur l'exploitation de ce palmier, sur l'utilisation des différentes parties de la plante, sur la préparation des fils etc. ; mais nous attirons l'attention du lecteur sur ce travail à un point de vue plus général : il constitue une monographie modèle dont la lecture apprendra à nos concitoyens qui résident en Afrique la manière de nous documenter sur les espèces similaires du continent. Il nous paraît certain que Madagascar n'est pas le seul pays capable de fournir un *rafia* utilisable : l'Afrique occidentale, très riche en spécimens du même genre, doit posséder, parmi les nombreuses espèces du genre, quelque plante de valeur. La monographie de M. Deslandes, qui décrit soigneusement la préparation du rafia, pourra servir de guide aux agents coloniaux pour tenter des expériences. Pour les y encourager rappelons que, en 1904, le rafia a fait l'objet, pour Madagascar, d'une exportation de 3 333 044 kilos d'une valeur de 2 077 997 francs; en 1902, la valeur de l'exporta-

tion n'atteignait que la moitié de ce chiffre, ce qui démontre le développement de cette industrie locale.

É. D. W.

XVII

CULTURE ET INDUSTRIE DU MANIOC. Étude faite à la Réunion, par L. COLSON et L. CHATEL. — Paris, Aug. Challamel, 1906.

Parmi les plantes coloniales les plus utiles, figure le *Manihot utilissima* qui fournit le manioc, matière alimentaire en usage dans toutes les régions tropicales. Les auteurs du livre que nous signalons, frappés des divergences d'opinions exprimées sur ce produit dans les périodiques spéciaux, ont voulu apporter leur contribution à l'étude de cette plante en fournissant aux coloniaux la synthèse des renseignements qu'ils ont recueillis à la Réunion, où non seulement ils ont vu cultiver le manioc pour les usages locaux, mais où ils l'ont vu exploiter industriellement.

Ils divisent leur étude en trois parties. Dans la première, après avoir esquissé sommairement — trop sommairement peut-être — les caractères botaniques du type et des variétés, ils passent à la culture proprement dite en insistant sur la nécessité de l'amendement : le calcul des substances minérales enlevées au sol par la culture de cette plante montre, en effet, combien elle est épuisante.

Ils insistent aussi, dans ce même chapitre, sur l'emploi du manioc dans l'alimentation de l'homme et du bétail, dans l'industrie des apprêts, et sur sa transformation en tapioca et fécule.

La deuxième partie est consacrée à l'étude industrielle ; les auteurs partent du produit brut et décrivent les phases par lesquelles il doit passer avant d'être transformé en tapioca ou en fécule. La partie technique est ici des plus intéressantes ; nous signalerons, en particulier, les paragraphes consacrés à l'exposé des frais et des bénéfices résultant d'une entreprise industrielle coloniale de fabrication de tapioca et de fécule : avec un capital de 400 000 francs, on peut, tous frais déduits, espérer obtenir sans trop de difficulté 25 % de bénéfices.

La troisième partie est consacrée à des annexes : comptes divers de vente, d'achat, de transport ; importation et exporta-

tion en France, en Angleterre et en Allemagne de divers farineux ; exportations d'autres pays producteurs ; exposé des motifs qui réclament des lois relatives aux tarifs de ces divers produits.

Bien que le sujet soit traité ici plus spécialement au point de vue de la Réunion et de la France, il y a cependant pour les colons d'autres pays beaucoup à prendre dans ce volume. Il serait à souhaiter que les auteurs, qui possèdent si bien leur sujet, voulussent préparer un travail d'ensemble sur ce produit, car il n'est pas inutile d'insister sur cette vérité, que parmi les produits de culture facile et considérés souvent comme sans valeur, il en est dont on peut retirer des bénéfices certains.

É. D. W.

XVIII

KALENDER FÜR DIE BAUMWOLLINDUSTRIE, 1906. Jahrbuch für Kaufleute und Industrielle der Baumwollbranche, 27 Jahrgang.— Leipzig, H. A. L. Degener, 1906.

Ce petit volume paraît pour la vingt-septième fois. Loin de diminuer, son intérêt s'accroît, maintenant que le coton est un des produits les plus à la mode, et l'un de ceux qui, avec le caoutchouc, voient leur consommation augmenter presque journellement. Nous ne pouvons signaler tous les renseignements utiles et intéressants qu'il renferme et dont l'indication sommaire de la table des matières a exigé quatre pages de texte serré. Bornons-nous à quelques données générales. Le livre s'ouvre par une courte notice historique. On y lit que le coton est une plante très anciennement utilisée ; chez nous, au XIIe et au XIIIe siècles, on fabriquait des vêtements de coton. Ce furent des Belges, des Flamands, qui transportèrent cette industrie en Angleterre, où elle est devenue des plus florissante. On compte, en effet, dans ce pays plus de 48 000 000 de broches, alors que, dans toute l'Europe continental, il n'y en a guère plus de 34 055 000 et aux États-Unis 22 000 000. Ces derniers sont cependant les plus forts producteurs de coton, mais jusqu'ici, une forte quantité de la production est exportée.

Un coup d'œil sur les statistiques du *Kalender* montre l'accroissement considérable de broches dans presque tous les pays ;

c'est en Chine et au Japon que cet accroissement a été, dans ces dernières années, proportionnellement le plus considérable; ainsi, au Japon, le nombre des broches a passé, de 1890 à 1901, de 380 000 à 1 500 000.

Si l'on veut se faire une idée de la consommation annuelle du coton, qui augmente à la fois sur le continent européen, aux États-Unis et aux Indes, il suffit de consulter les chiffres suivants établis pour l'année 1903-1904 (1er septembre au 30 août).

Consommation :

Angleterre	2 977 000 balles
Continent européen	5 148 000 „
États-Unis	3 775 000 „
Indes	1 254 000 „
Total	13 154 000 balles

La production totale s'était élevée pendant la même période :

Indes à	3 965 000 balles
Brésil et divers	1 200 000 „
Égypte	866 000 „
États-Unis	13 561 000 „
Total	19 592 000 balles

dont une partie naturellement est manufacturée dans le pays d'origine.

Nous n'insisterons pas sur les chapitres qui s'adressent directement aux industriels et où ils trouveront des renseignements précieux sur les machines, le produit brut, l'entretien, etc. Citons cependant un paragraphe utile à tous les travailleurs, celui où l'on donne la valeur des poids, mesures et monnaies des divers pays. En résumé, le *Kalender* est le *vade-mecum* obligé de tous ceux qu'intéresse le coton.

É. D. W.

XIX

Commercial Geography, by H. Gannett, C. L. Garrison and E. J. Houston. — New-York, American Book Company, 1905.

Au moment où l'on parle tant chez nous d'extension économique mondiale, il nous paraît intéressant de signaler la publi-

cation de ce manuel élémentaire, bien propre à faire pénétrer dans les masses des idées sur la géographie économique et commerciale qui, malheureusement, font encore si grandement défaut chez nous.

L'ouvrage compte plus de 400 pages ; des figures et de nombreux diagrammes aident puissamment le lecteur à s'orienter dans cette science relativement neuve mais d'une si grande importance aujourd'hui.

Il est divisé en trois parties. Dans la première, on envisage les conditions commerciales, climatériques, topographiques, sociales, manufacturières et financières ; dans la seconde, on aborde l'étude des produits commerciaux, qui précède tout naturellement celle du sol et de sa culture ; enfin dans la troisième partie, viennent des monographies spéciales relatives aux divers pays du monde, toutes taillées sur le même modèle et par conséquent comparables entre elles.

Les États-Unis de l'Amérique du Nord y sont placés naturellement au premier plan, ce qui nous permet une fois de plus de juger des progrès accomplis dans ces régions admirablement favorisées par toutes les conditions aidant le commerce et son extension. En 1904, le commerce des États-Unis avait atteint une valeur de 2400 millions de dollars dont 1000 millions à l'importation et 1400 millions à l'exportation ; sous ces deux aspects de trafic, c'est l'Angleterre qui occupe le premier rang. Notre petite Belgique ne compte guère dans le commerce d'importation américaine ; nous envoyons sans doute quelques produits en Amérique, mais leur valeur est très faible ; pour l'exportation américaine, la valeur des marchandises reçues par nous comporte environ 7 °/o du commerce total d'exportation des États-Unis.

Le livre des trois professeurs américains mérite d'être mis entre les mains de tous ceux qui, chez nous, abordent les études commerciales et consulaires ; et tous les professeurs de géographie y puiseront des données qui leur permettront de rendre plus attrayants leurs cours de géographie physique.

E. D. W.

XX

EXPÉDITION ANTARCTIQUE BELGE. — RÉSULTATS DU VOYAGE DU S. Y. BELGICA, EN 1897-1898-1899, SOUS LE COMMANDEMENT DE A. DE GERLACHE DE GOMERY. — *Rapports scientifiques*, publiés aux frais du Gouvernement belge, sous la direction de la Commission de la *Belgica*. BOTANIQUE. *Les Phanérogames des Terres Magellaniques*, par É. DE WILDEMAN, Conservateur au Jardin botanique de l'État à Bruxelles. Grand in-4° de 222 pages et 23 planches. — Anvers, Impr. J.-E. Buschmann, 1905.

Au cours de l'Expédition antarctique de la *Belgica*, les observations botaniques furent départies à M. É. Racovitza. Cet explorateur dut se contenter de récolter et de préparer les matériaux, et c'est M. É. De Wildeman, 1er Conservateur au Jardin botanique de l'État à Bruxelles, qui a été chargé de leur détermination et de leur publication, pour ce qui concerne la flore phanérogamique. D'autres savants, belges ou étrangers, ont été chargés de la partie cryptogamique.

M. De Wildeman était tout désigné pour cette tâche importante. Ses nombreux et savants travaux sur la flore *exotique*, et spécialement sur la flore du Congo belge, lui ont valu depuis longtemps un rang distingué parmi les botanistes descripteurs. Personne ne s'étonnera donc que nous ayons surtout des éloges à lui adresser pour cette nouvelle publication.

M. De Wildeman divise son travail en trois parties :

I. Énumération systématique des Phanérogames, récoltées par M. É. Racovitza, pendant la croisière vers le Pôle sud du S. Y. *Belgica*.

II. Énumération systématique de la flore austro-antarctique américaine (Phanérogames).

III. Tableaux statistiques de la flore austro-antarctique américaine (Phanérogames).

Comme on le voit, les matériaux rapportés par M. Racovitza ne font l'objet que de la 1re partie. Ces matériaux, en effet, sont relativement assez peu nombreux.

Pour donner plus de portée à son travail, M. De Wildeman a compulsé tout ce qui a été publié jusqu'ici sur la dispersion des *Phanérogames dans les Terres Magellaniques*. Par là, il a rendu grand service à ceux qui devront, dans la suite, s'occuper de la flore de ces terres australes : ils trouveront réuni, en un seul

volume, tout ce que l'on connaît sur la végétation de l'Amérique continentale subantarctique, sur la végétation de la Terre de Feu, des Iles Clarence, Hoste, Navarin, Londonderry, Smoke, Dawson, Camden, Basket, de l'Ile des États, etc.

La *nature* même de la flore dont il s'agit, nécessitait en quelque sorte la méthode qui a été suivie. " Les nombreux îlots, dit l'auteur dans son *Introduction*, p. 3, intermédiaires entre la terre ferme de l'Amérique et les îles de l'Archipel, établissent de multiples et indéniables rapports entre la flore de ces deux domaines, dont l'étude ne peut être faite séparément. "

Les plantes qui font l'objet de la 1re partie (pp. 6-32) et qui ont été récoltées par M. Racovitza, pendant les années 1897-1898-1899, comprennent 97 espèces et variétés ; elles se répartissent entre 75 genres et appartiennent à 36 familles différentes.

Il peut être intéressant, pour le botaniste belge, de savoir si nos espèces indigènes ont des représentants dans ces contrées éloignées. Voici, parmi les espèces rapportées par M. Racovitza, celles qui font partie de la flore belge : *Aira flexuosa* L., *Poa annua* L., *Triticum repens* L., var. *pungens* Brongn., *Rumex acetosella* L., *Cerastium arvense* L., *C. vulgatum* L., *Stellaria media* Cyr., *S. nemorum* L., *Cardamine amara* L., *Capsella Bursa-pastoris* Moench, *Trifolium repens* L., *Apium graveolens* L., *Plantago maritima* L., *Galium Aparine* L., *Bellis perennis* L., *Senecio vulgaris* L. et *Taraxacum officinale* Weber.

Dans la 2e partie (pp. 33-182), comme nous l'insinuions plus haut, M. De Wildeman dresse l'inventaire de toutes les espèces et variétés, observées à la surface des Terres Magellaniques, c'est-à-dire dans la zone américaine continentale subantarctique et dans les 26 îles du voisinage qui ont été visitées jusqu'à présent. Les ouvrages qui ont été mis à contribution à cet effet sont la *Flora antarctica* de Hooker, ainsi que les publications de Franchet, Hariot, Spegazzini, Philippi, Alboff, Dusen, etc.

Les explorations récentes ont fourni des renseignements botaniques au sujet de certaines îles dont la flore était complètement inconnue ; pour d'autres, elles ont enrichi les rares données que l'on possédait jusqu'à présent. Mais, en général, la flore *côtière* seule a été étudiée ; peu de naturalistes ont pu pénétrer jusque dans l'intérieur des îles et c'est là, peut-être, qu'on trouverait les représentants de la flore ancienne, que ni l'homme, ni les animaux importés n'ont encore pu influencer. C'est assez dire qu'il y a encore à faire et à trouver, dans ces régions enveloppées de mystère.

L'auteur convient que, malgré ses recherches, son travail présente peut-être certaines lacunes ; mais, ajoute-t-il, le relevé est suffisamment complet pour démontrer que la dispersion des espèces est loin d'être intégralement connue.

Essayer, par conséquent, de tirer des conclusions absolues, d'établir des lois géo-botaniques, serait absolument prématuré : toutes les conclusions ne peuvent être que *provisoires*.

La 3e partie (pp. 183-202) contient les *Tableaux statistiques* de la flore austro-antarctique américaine. Ces tableaux sont d'un usage éminemment pratique et expéditif. Dans la colonne de gauche sont inscrits les noms des espèces végétales ; puis viennent 27 colonnes, portant, en tête, le nom d'une des îles ou des régions explorées ; un trait horizontal, figuré dans ces colonnes, indique la présence de l'espèce dans la région correspondante ; l'absence de trait signifie qu'elle y est inconnue jusqu'à présent. Un simple coup d'œil, jeté sur ces Tableaux, suffit pour indiquer immédiatement la répartition, dans ce domaine floral, des 539 espèces et variétés qu'il contient.

Ce qui frappe, à première vue, c'est la grande ressemblance de la flore de la Terre de Feu et de la flore de l'Amérique continentale subantarctique; elles paraissent aussi considérablement plus riches que celles des 25 îles voisines, explorées jusqu'à ce jour. Il est juste d'ajouter, d'autre part, que ce sont précisément ces deux flores qui ont été le plus étudiées et qui sont le mieux connues, à l'heure présente. Il paraît probable qu'une grande partie des éléments qui les constituent se retrouveront sur les îles avoisinantes, quand l'exploration de ces dernières aura pu être faite plus en détail. " Rien, en effet, dit M. De Wildeman, p. 202, dans les conditions climatériques et géologiques ne semble différencier fortement la Terre de Feu des îlots voisins, et la flore qui recouvre ces vestiges d'un ancien continent aura certainement eu une origine unique; seul l'homme a pu modifier, dans une certaine mesure, le tapis végétal des zones côtières d'îles fréquemment visitées. „

Une *Table alphabétique des noms spécifiques* (avec leurs synonymes) occupe les pp. 203-217. Les pages suivantes (218-222) donnent l'explication des 23 magnifiques planches qui terminent le volume.

E. P.

XXI

FONTENELLE, par A. LABORDE-MILAA. Un vol. petit in-8° de 176 pages de la collection des *Grands écrivains français*. — Paris, Hachette, 1905.

Ce volume, orné d'une héliogravure qui reproduit la gravure de Dossier d'après le portrait de Fontenelle par Rigaud, est divisé en trois parties, consacrées respectivement aux tâtonnements et faux départs du héros, puis à son étude, d'abord comme vulgarisateur et ensuite comme philosophe et savant.

L'histoire des origines de Fontenelle est intéressante. Neveu des deux Corneille, il dut surtout au cadet, à Thomas. On sait en effet que celui-ci, non content de suivre, de loin, les traces de son frère, sut se tourner, à l'approche de la soixantaine, vers l'érudition et projeta la publication de dictionnaires plus ou moins encyclopédiques. En attendant, collaborateur important puis co-directeur du *Mercure galant*, il réunissait chez lui ceux qui pouvaient le renseigner et aider à la rédaction. Là, on lisait sous le manteau, avant que le privilège ne fût accordé, la *Lettre sur la Comète* de Bayle, où la science s'unissait à un scepticisme déguisé. On voit que Fontenelle, arrivant de Rouen, tombait en un milieu bien propre à développer ses tendances naturelles. Ses débuts cependant ne furent pas tous heureux, et il mérita de figurer, comme écrivain bel esprit et prétentieux, sous le nom de Cydias, dans la galerie de La Bruyère.

Au sujet du vulgarisateur, de l'auteur de l'*Origine des Fables*, de l'*Histoire des Oracles*, de la *Digression sur les Anciens et les Modernes*, de la *Pluralité des Mondes*, des *Analyses et Extraits* académiques et des *Éloges* non moins académiques, M. Laborde-Milaà a écrit un chapitre intéressant, mais ne contenant rien d'imprévu.

Nous ne dirons pas la même chose du chapitre sur le philosophe et le savant, car là, l'auteur prétend établir que Fontenelle fit une série de découvertes originales. Laissons de côté les découvertes littéraires et arrivons de suite aux découvertes scientifiques et philosophiques.

Voici d'abord des idées " étonnantes pour l'époque ", d'après M. Laborde-Milaà, contre la génération spontanée : " Tous les animaux qui paraissent venir ou de pourriture ou de poussière humide et échauffée, ne viennent que de semences que l'on

n'avait pas aperçues... Jamais il ne s'engendra de vers sur la viande où les mouches n'ont pu laisser de leurs œufs. Il en va de même de tous les autres animaux que l'on croit qui naissent hors de la voie de la génération. Toutes les expériences modernes conspirent à nous désabuser de cette ancienne erreur, et je me tiens sûr que, dans peu de temps, il n'en restera plus le moindre sujet de doute. „

L'auteur est si assuré que de telles idées étaient absolument originales aux XVIIe et XVIIIe siècles, qu'il ne donne aucune date (chose utile cependant quand il s'agit d'un écrivain resté actif jusqu'à près de cent ans) et n'indique pas l'écrit d'où est extraite cette citation.

Il eût été pourtant intéressant d'être fixé sur la date où Fontenelle s'exprimait comme on l'a vu, car, s'appuyant évidemment sur les expériences de Redi (1), Malebranche, en 1688, ne tenait pas un autre langage dans son *XIe Entretien sur la Métaphysique*. Écoutons-le :

" *Théotime.* — Il faut, Théodore, que je vous dise une expérience que j'ai faite. Un jour, en été, je pris gros comme une noix de viande, que j'enfermai dans une bouteille, et je la couvris d'un morceau de crêpe. Je remarquai que diverses mouches venaient pondre leurs œufs ou leurs vers sur ce crêpe, et que, dès qu'ils étaient éclos, ils rongeaient le crêpe et se laissaient tomber sur la viande, qu'ils dévorèrent en peu de temps ; mais comme cela sentait trop mauvais, je jetai le tout.

„ *Théodore.* — Voilà comme les mouches viennent de pourriture : elles font leurs œufs ou leurs vers sur la viande et s'envolent incontinent ; après que ces vers ont bien mangé, ils s'enferment dans leurs coques et en sortent mouches ; et le commun des hommes croit sur cela que les insectes viennent de pourriture.

„ *Théotime.* — Ce que vous dites est sûr, car j'ai renfermé plusieurs fois de la chair, où les mouches n'avaient point été, dans une bouteille fermée hermétiquement, et je n'y ai jamais trouvé de vers...

„ *Théodore.* — ... Qu'y a-t-il de plus incompréhensible qu'un animal se forme naturellement d'un peu de viande pourrie ? „

Quand Malebranche publiait cela, Fontenelle n'avait guère plus de trente ans : jusqu'à preuve contraire, nous croyons que ce dernier n'a fait que répéter ce qu'avait dit le métaphysicien de la

(1) *Esperienze intorno alla generazione degli insetti*, Florence, 1668.

vision en Dieu. Il eût d'ailleurs été assez intéressant de donner cette preuve pour que, de l'absence de toute indication à ce sujet, nous devions conclure que M. Laborde-Milaà n'a pas lu Malebranche.

Quoi qu'il en soit, cette question de la génération spontanée n'est qu'un détail. La vraie gloire de Fontenelle serait d'avoir propagé trois grandes idées *découvertes* par lui, en prenant le mot dans son sens strictement étymologique. Ces trois idées sont les suivantes : Tout dans la nature est soumis à des lois. Toutes les sciences se tiennent et se pénètrent, n'étant respectivement que les cas particuliers d'une science unique. Celle-ci ne doit être que la coordination de tous les phénomènes par des rapports mathématiques.

Sans doute, M. Laborde-Milaà reconnaît que ces idées émanent du cartésianisme scientifique ; mais ce serait Fontenelle qui les aurait mises au jour. Certes, nous ne prétendons point contester le mérite du neveu des Corneille ; mais il nous semble que la pensée de Descartes n'était point restée aussi méconnue qu'on veut bien le prétendre.

Si M. Laborde-Milaà avait lu Malebranche, il aurait su que ces pensées imprègnent son œuvre. Son idée dominante, son *Leitmotiv*, peut-on dire, quand il parle de la nature, c'est que Dieu y fait tout conformément à des volontés générales. C'est par là qu'il explique tous les désordres qu'on remarque dans la nature ; sans cesse il répète : " Vous savez que Dieu agit toujours d'une manière simple et uniforme ". Pour lui, le merveilleux de la Providence divine consiste dans la sage combinaison que Dieu a mise entre toutes les parties de l'univers, au temps de la création, par rapport aux lois générales de communication des mouvements. Ces lois générales sont la base de tout dans l'univers, puisque tout s'y réduit à l'étendue. Et, dès lors, toute la science se réduira à des lois mathématiques : " Comprenons bien, dit-il, que toutes les modalités de l'étendue ne sont et ne peuvent être que des figures, configurations, mouvements sensibles ou insensibles, en un mot, que des rapports de distance. " Conséquent avec lui-même, il affirmera, bien avant Euler, que les diverses couleurs sont dues à une plus ou moins grande multiplicité de vibrations en un temps donné.

Ces pensées sur les lois générales et leur caractère sont particulièrement développées dans les *Entretiens sur la Métaphysique*, qui datent de 1688, comme la première citation de Fontenelle faite à ce sujet par M. Laborde-Milaà ; mais elles

inspirent aussi ses œuvres antérieures, en sorte que Fontenelle n'a point eu à découvrir des pensées enfouies dans les œuvres de Descartes et restées lettre morte pour tous.

Aussi, quel que soit son mérite, il nous semble plus que jamais, après avoir lu l'intéressant petit volume dont nous venons de parler, que Fontenelle fut essentiellement un vulgarisateur, conformément à l'opinion commune. A vouloir l'élever trop haut, on courrait risque de le faire déprécier injustement.

G. LECHALAS.

XXII

LA PROVIDENCE ET LE MIRACLE DEVANT LA SCIENCE MODERNE, par GASTON SORTAIS, ancien professeur de philosophie. Un vol. in-12 de 191 pages. — Paris, Beauchêne, 1905.

Que faut-il entendre par " Science moderne „ ? Nous parlons ici des sciences expérimentales.

Au sens ordinaire des mots, cela doit signifier la science *contemporaine*, laquelle est moderne par rapport à ce qu'elle était au siècle précédent et aux siècles antérieurs, chacun de ceux-ci étant moderne par rapport aux siècles écoulés auparavant. A ce point de vue, la science dite moderne n'a d'autre avantage sur celle qui l'a précédée que d'être venue après elle et, partant, d'avoir pu profiter des travaux et des découvertes de celle-ci, pour progresser à son tour dans la voie évolutive de l'esprit humain et préparer de nouveaux progrès à la science future, à la science de demain.

Mais ce n'est pas ainsi qu'on l'entend généralement. Pour une certaine école, la science n'est *moderne* qu'autant que, sortant de son rôle d'expérimentation, de classement des faits et de construction de théories destinées à relier ces faits entre eux, elle fait invasion dans un domaine qui n'est pas le sien, pour prétendre anéantir toute métaphysique et par suite toute religion, voire tout théisme : ce qui est en effet assez moderne.

C'est contre cette insoutenable thèse que s'élève victorieusement M. Gaston Sortais dans l'excellent volume dont le titre figure en tête de cet article. Et nous défions bien quiconque de répondre à l'argumentation serrée de l'auteur autrement que

par des faux-fuyants, des affirmations sans preuves et des échappatoires peu dignes d'une discussion sérieuse.

Renouvelant en les aggravant l'erreur et l'inconséquence d'un grand penseur de la première moitié du siècle dernier, un haut dignitaire de l'enseignement public, philosophe, professeur en Sorbonne, M. Séailles, puisqu'il faut l'appeler par son nom, prétend nous enseigner non seulement " comment les dogmes finissent „, mais encore et surtout " pourquoi ils ne renaissent pas „. Double erreur, dont, avec un peu de bon sens, d'observation et de bonne foi, il est facile de montrer la faiblesse et l'inanité ; mais on ne parvient que trop, à l'aide de phrases sonores, d'assertions gratuites et de fausses interprétations, à faire pénétrer cette erreur dans les esprits simplistes en la leur donnant comme des conséquences inéluctables de la fameuse *Science moderne*.

C'est principalement dans un ouvrage intitulé les *Affirmations de la conscience moderne*, que M. Séailles étale ses assertions dogmatiques, bien que d'un dogmatisme à rebours, mais que n'appuie aucune démonstration sérieuse. Et, à ce propos, qu'il nous soit permis d'ouvrir ici une parenthèse. D'une part, faire appel à la conscience *moderne*, n'est-ce pas supposer que les hommes " modernes „ sont faits d'une autre pâte que les hommes des générations précédentes? Est-ce que la conscience humaine, en tant que telle, varie? Ce qui varie, c'est l'étendue des connaissances, ce sont aussi les passions, les erreurs qui se succèdent parallèlement aux développements légitimes de l'esprit humain. Mais depuis Socrate et Platon, et même avant qu'ils n'en eussent formulé la loi, le " connais-toi toi-même, *nosce teipsum* „ a toujours été et sera toujours la base inébranlable de la conscience humaine. D'autre part, M. Séailles, qui repousse tout dogmatisme aussi bien métaphysique que religieux, que fait-il autre chose que du dogmatisme, quand il affirme superbement que les progrès de la science " moderne „ ont définitivement aboli tout théisme, c'est-à-dire toute notion d'un Dieu personnel, d'un Créateur et Ordonnateur du monde? Nous verrons tout à l'heure sur quoi il prétend appuyer cette condamnation sommaire. Mais quoi de plus dogmatique que de telles assertions : " Depuis trois siècles les progrès continus de la science positive ont ruiné la conception esthétique et morale de l'Univers „? Par suite, il ne saurait être question d'un Être suprême l'ayant créé, d'une Providence le gouvernant, d'une grandiose harmonie entre le monde en ses multiples parties et son divin Ordonna-

teur ; encore moins de miracles et de causes finales, concepts puérils qui s'évanouissent avec toute la métaphysique aristotélicienne et médiévale, à la lumière grandissante de la science " moderne ". Si ce n'est là le propre texte de notre contradicteur, c'est bien exactement le sens de ses affirmations.

Rendons-lui toutefois cette justice qu'il ne confine pas la " science moderne " dans les cinquante ou soixante dernières années, puisqu'il veut bien lui concéder trois siècles d'existence. Mais alors, il n'y a qu'à examiner ce qu'ont pensé, durant cet intervalle, les grands savants, ceux qui, par leur génie et leurs découvertes, ont été les promoteurs de la marche en avant des sciences et de l'esprit humain. Et M. Sortais a beau jeu de citer, par ordre chronologique : KÉPLER, l'illustre astronome, pour qui " la connaissance du vrai se ramène à repenser les pensées du Créateur "; GALILÉE lui-même qui, nonobstant les ardentes sympathies que lui a vouées tout le clan libre-penseur, n'en lisait pas moins la grandeur de Dieu " dans le livre ouvert du ciel " ; NEWTON, qui, dans son livre à jamais célèbre des *Principes de la philosophie naturelle*, a écrit de si belles pages sur la grandeur, la souveraineté et la providence de Dieu ; DESCARTES, cet illustre penseur, si grand admirateur de la Beauté divine (Cf. notamment ses *Méditations* IIIe et Ve) ; LEIBNIZ, l'immortel inventeur du calcul infinitésimal, qui voyait dans les causes finales, si cavalièrement niées par M. Séailles, " l'une des plus efficaces et des plus sensibles preuves de l'existence de Dieu *pour ceux qui peuvent approfondir les choses* (Cf. les *Principes de la nature et de la grâce)* ; LAPLACE lui-même, que le professeur à la Sorbonne croit pouvoir nous opposer victorieusement, bien qu'il n'ait jamais tenu le propos inepte à lui prêté par la légende, mais fait au contraire très explicitement allusion à la " suprême Intelligence créatrice " (Cf. l'*Exposition du système du monde*, 4e édit.) ; LAMARCK, le naturaliste évolutionniste, n'admettant l'apparition et l'organisation de la vie que comme l'œuvre " de l'Auteur suprême de la nature et des lois qui la constituent elle-même " (Cf. *Philosophie zoologique)* ; AGASSIZ, naturaliste plus célèbre encore, pour qui les systèmes d'exposition de la nature ne sont que " la traduction, dans la langue de l'homme, des pensées du Créateur " (Cf. *De l'espèce et de la classification en zoologie)*.

L'érudit auteur que nous analysons ajoute encore à la liste des savants croyants des trois siècles de la " Science moderne ", AMPÈRE, appelé par l'illustre Maxwell " le Newton de l'électri-

cité „ et qui était un catholique fervent ; LIEBIG, “ le plus grand chimiste de l'Allemagne „ au dire de Moleschott, un matérialiste avéré, celui-là, ce qui n'empêchait pas Liebig de reconnaître et d'admirer “ la sagesse du Créateur „ ; VOLTA disant hautement : *Non erubesco evangelium* ; FRESNEL, FARADAY, ROBERT MAYER, qui, soit dans leurs cours et conférences, soit dans leurs écrits, ont hautement proclamé l'œuvre créatrice et providentielle de la Divinité. Bien des noms, et non des moindres, manquent à cette énumération et notre auteur n'a garde de ne pas signaler, avec Cauchy, ceux de COPERNIC, FERMAT, PASCAL, GRIMALDI, EULER, GULDIN, BOSCOWITCH, GERDIL, FLAÜY. On peut citer encore CAUCHY lui-même, BIOT, J.-B. DUMAS, LE VERRIER, CHEVREUIL, PASTEUR, HERMITE, etc.

Il est vrai que l'on pourrait opposer à cette longue liste de savants et de hautes intelligences, d'autres savants sans convictions spiritualistes ou même franchement matérialistes et antithéistes. Mais déjà le seul fait que, dans toute la durée des temps que l'on qualifie de modernes, il se soit trouvé des hommes de science de premier ordre, et dans toutes les directions, pour reconnaître Dieu, le Dieu personnel et providentiel des théistes, comme le maître de la science et l'auteur souverain de la nature, ce seul fait suffit à renverser les aphorismes de M. Séailles. Mais il y a plus. C'est parmi les noms compris dans cette série que se trouvent les esprits de plus grande envergure, ceux à qui est le plus redevable de son avancement scientifique la pensée contemporaine. Et c'est bien en vain qu'on chercherait dans leurs écrits la moindre proposition dont on pût légitimement tirer quoi que ce soit infirmant la doctrine spiritualiste. Plus qu'un autre, M. Séailles devrait savoir tout cela ; et l'on peut à bon droit s'étonner d'une telle ignorance chez un membre du haut enseignement de l'État.

Quant aux savants hostiles, ce n'est jamais sur les vérités scientifiques par eux mises au jour que s'appuient leurs déductions matérialistes ou antispiritualistes ; c'est seulement sur des hypothèses injustifiées ou sur des propositions qu'ils y ont surajoutées et qu'ils ont puisées précisément, bien qu'arbitrairement, dans ce domaine métaphysique qu'ils affectent de nier et de mépriser. Nous aurons occasion de faire ressortir cette particularité significative.

Mais il est un camp retranché, une forteresse, où MM. Séailles, Goblet, Ch. Richer et autres pontifes de la soi-disant libre pensée, se retranchent et se croient inexpugnables : c'est l'impossi-

bilité du miracle, son incompatibilité essentielle avec les données de la science moderne, laquelle repose sur un déterminisme universel.

C'est là un principe posé *à priori* et impliquant le parti pris de n'accepter ni démonstration contraire, ni constatation de faits, ni preuve d'aucune sorte. Mais partir d'un principe théorique pour en déduire tout un système, qu'est-ce autre chose que faire de la métaphysique ? Il est vrai qu'on essaie d'appuyer le principe sur un semblant de preuve, à savoir que le miracle, fût-il possible, n'a jamais été constaté.

" *Nous* ne rejetons pas seulement le miracle, dit M. Séailles, parce que *nous* ne voyons pas qu'on ait jamais constaté, dans la suite des faits, l'intervention d'une puissance surnaturelle. Son idée ne trouve plus place dans *notre* esprit... Le miracle *nous* apparaît aujourd'hui comme un procédé puéril, enfantin, indigne d'une haute intelligence à laquelle il ne saurait convenir de troubler le règne des lois qu'elle a établie... Si *nous* n'admettons pas le miracle, c'est qu'il est rejeté par la conscience *(moderne*, naturellement) plus encore qu'il n'est nié par la science. "

Remarquons que si M. Séailles, en affectant de parler au pluriel, semble se poser en mandataire de tous les savants, il n'est cependant point d'accord non seulement avec les savants spiritualistes contemporains (cela va sans dire), mais pas même avec les savants de l'école positiviste. Ceux-ci, tels entre autres que Renan, Littré, Aug. Sabatier, M. Buisson, ne contestent nullement la possibilité intrinsèque du miracle ; leur thèse, c'est que le miraculeux, le surnaturel rentre dans la région de l'*inconnaissable* et échappe ainsi aux prises de la science. Leur signalez-vous un fait parfaitement authentique, comme la guérison instantanée, à Lourdes, d'une sourde-muette, ils vous répondront, comme Littré, par des généralités vagues et des raisonnements contradictoires ; mais du fait signalé, ils ne souffleront mot (1). Il est plus facile d'esquiver une difficulté que de la résoudre.

Revenons à ceux qui nient jusqu'à la possibilité en soi du miracle. Leur raisonnement est celui-ci : Si les lois de la nature n'étaient pas immuables, régies par un déterminisme absolu, la science serait impossible ; puis donc que le miracle est en contradiction avec le déterminisme, bien de la science, et que celle-ci existe, le miracle n'existe pas, ne peut pas exister.

(1) Voir dans le livre de M. Sortais, pp. 46 et 47, le récit détaillé de cette échappatoire peu glorieuse du célèbre positiviste, aux prises avec le P. de Bonniot.

Tout est contestable — et réfutable — dans les termes de ce syllogisme. Il n'est pas malaisé de démontrer que le déterminisme dans les lois de la nature n'est point absolu, mais conditionnel ; qu'il y a d'ailleurs des causes libres, telles les interventions de l'homme, qui plie ces lois de la nature à toutes les fins qu'il se propose. Et puisque l'homme, par son action volontaire et libre, modifie à tout instant les effets naturels des lois physiques, il n'y a aucune espèce de contradiction à ce qu'une cause supérieure à l'homme les modifie dans une mesure à laquelle l'homme lui-même ne peut atteindre.

Si le principe de déterminisme absolu, universel, était vrai, il n'existerait aucune liberté dans le monde et les actes les plus délibérés de la volonté humaine seraient déterminés par des lois aussi fatales que celles qui meuvent les flots de l'océan ou la gravitation des astres. Sans doute certains ne craignent pas d'aller jusque-là, mais c'est à l'encontre du témoignage du sens intime de chacun et de la conscience, cette fois, non seulement " moderne ", mais de tous les lieux et de tous les temps.

D'ailleurs, tout en faisant au déterminisme la part qui lui est due et qui s'étend à tous les phénomènes du monde matériel (soit inerte, soit vivant, mais que n'éclaire point le flambeau de la raison), le miracle, fût-il aussi fréquent qu'il est rare et exceptionnel, ne gênerait en rien l'expansion de la science. Les merveilles que l'homme accomplit, grâce aux progrès des connaissances et aux labeurs de son génie, ne sont-elles point, relativement à la nature qui lui est inférieure, de vrais miracles ? En quoi la marche ordinaire de la nature physique est-elle troublée et son étude rendue impossible du fait des chemins de fer, des automobiles, de la télégraphie avec ou sans fils et du téléphone ? Ces résultats sont cependant supernaturels, peut-on dire, relativement au cours ordinaire de la nature livrée à elle-même. Or le miracle proprement dit n'est autre chose, comparativement à l'homme et à ses moyens d'action, qu'un effet d'une puissance supérieure parfaitement comparable aux effets de la puissance humaine sur la portion de la nature qui lui est subordonnée. Car le miracle n'est pas, comme on le répète à " satiété ", une *dérogation* aux lois de la nature, encore moins une perturbation ou une violation de ces lois. Il est leur direction dans un ordre de moyens d'action supérieurs à ceux dont l'homme dispose. La guérison instantanée d'un os brisé ou d'une plaie purulente ne déroge pas plus aux lois de la nature que l'arrêt, par ma main ou mon pied, d'une pierre qui roule sur une pente et serait, sans

mon intervention, descendue jusqu'au fond de la vallée. Telle est d'ailleurs la doctrine de saint Thomas (*Summ. theol.*, Ia P., Q. 110, art. 4 ; — Q. 105, a. 6 et 7).

Bien d'autres considérations sont encore développées par notre auteur, qui établissent péremptoirement la possibilité du miracle. De plus, il oppose aux tenants du déterminisme absolu d'autres philosophes et d'autres savants comme MM. Boutroux, Fonsegrive, E. Rabier, de Lapparent, Poincarré, Duhem, sans parler de Descartes, de Robert Mayer et de tant d'autres.

La thèse *à priori* de l'impossibilité intrinsèque du miracle demeure donc insoutenable.

C'est là, à proprement parler, une " question de droit ". Il reste la " question de fait ".

Avant de la discuter, répondons d'un mot à l'assertion que le miracle est rejeté par la conscience " moderne ". S'il est vrai que, dans les temps primitifs et même beaucoup plus tard, bon nombre d'esprits naïfs aient indûment considéré comme miraculeux une foule de faits plus ou moins remarquables mais dont l'explication naturelle leur échappait, c'est tomber dans un excès contraire et non moins erroné, sinon plus encore, que de repousser jusqu'à la possibilité du miracle en s'appuyant, comme Jules Simon par exemple, sur l'immutabilité divine, qui, pense-t-il, serait détruite si Dieu " changeait ses lois ", ce qui reviendrait à dire qu' " il se change lui-même ". C'est oublier ce que Jules Simon lui-même cependant reconnaît ailleurs, à savoir la prescience, mieux nommée l'*omniprésence* de Dieu, qui, de toute éternité, connaît les prières et les vœux qui lui sont adressés dans tous les temps et a disposé ses décrets dans la mesure où il a voulu exaucer ces vœux et ces prières. Il n'est pas moins immuable dans une intervention miraculeuse ou particulièrement providentielle, que dans sa Providence générale assurant le cours ordinaire des lois qu'il a édictées. Leibniz, Euler et, de nos jours, plusieurs théologiens protestants eux-mêmes, ont reconnu et proclamé cette vérité. Pour être *au-dessus* des lois de la nature, les décrets divins ne sont pas contraires à ces lois.

Arrivons à la question de fait. Pour nos adversaires, le miracle, en admettant qu'il fût possible, n'a jamais été constaté. Ne leur opposez pas l'authenticité, la sûreté et la véracité des témoignages : cela ne compte pas pour eux. Il faudrait à leur sens qu'un miracle pût être constaté à la façon d'une expérience de laboratoire, produit et reproduit à volonté en présence d'un comité scientifique commis à cet effet. Voyez-vous Dieu obéis-

sant docilement aux injonctions capricieuses d'un groupe de créatures mettant en quelque sorte le Créateur sur la sellette ?

Mais est-ce qu'il n'est pas, dans l'ordre naturel, une foule de faits parfaitement constatables, constatés et admis par la science et sans que le laboratoire y soit pour rien ? Refusera-t-on de croire, en Europe, à la réalité d'un tremblement de terre ou d'une éruption volcanique brusquement surgie en Amérique ou en Asie, parce que ces phénomènes se sont produits sans qu'on les ait prévus et sans qu'on ait envoyé au préalable une commission pour les constater ? Nullement. On y croira sans hésitation sur le témoignage de ceux qui en auront été témoins, et sur les effets que ces phénomènes auront laissés aux lieux où ils se seront manifestés. On y croira, comme l'on croit, sur le témoignage de l'histoire, à l'existence de Napoléon, de Louis XIV, de Charlemagne ou de César.

Or, la réalité des miracles s'établit comme celle des faits historiques, soit que ces faits appartiennent à l'histoire de l'humanité ou à l'ordre des phénomènes matériels. C'est par le témoignage de ceux qui en ont été l'objet et de ceux qui en ont été témoins, et par les résultats acquis, qu'apparaît leur réalité, et cette constatation est aussi sérieuse, aussi probante, aussi inattaquable que celles qui se font au laboratoire. Par cela même que les miracles sont des faits exceptionnels, toujours fort rares d'ailleurs, ils échappent à toute répétition prochaine. Parce que la redoutable explosion de l'île de Krakoto en août 1883 ne s'est pas, fort heureusement, reproduite depuis lors, faudra-t-il la révoquer en doute ?

Reconnaissons donc que la prétention d'exiger, pour s'assurer de la réalité d'un miracle, sa reproduction à volonté devant des témoins choisis et spéciaux, n'est autre chose qu'un faux-fuyant peu sincère, impliquant par dessus tout le parti pris de se refuser à toute évidence plutôt que de laisser tomber une théorie préconçue.

A la suite de cette lumineuse démonstration, M. Sortais consacre un chapitre, et non des moins heureux, à un exposé de phénomènes miraculeux accomplis à Lourdes, ou à l'invocation de Notre-Dame de Lourdes, appuyés tous de constatations techniques les plus autorisées de médecins et de savants d'une compétence et d'une honorabilité hors de conteste. Il signale, entre autres, le fait de ce pauvre journalier belge, Pierre De Rudder, atteint depuis huit ans d'une fracture de la jambe accompagnée d'un œdème purulent, examiné à maintes reprises

par les médecins ayant tous conclu à la nécessité de l'amputation du membre lésé.

Nous n'avons pas à rappeler ici le fait de la guérison instantanée du pieux ouvrier, fait si bien exposé ici-même par trois docteurs médecins (1), ni à mentionner les nombreuses guérisons miraculeuses exposées dans les ouvrages du Dr Boissarie (2) et de G. Bertrin (3), et dont M. Sortais donne un excellent résumé. Mais il s'appuie surtout sur la guérison de Pierre De Rudder, qui implique, outre la soudure des os brisés, la création d'un fragment d'os (séquestre) tombé, pour poser ce dilemme : *ou le miracle ou la génération spontanée.* Encore que celle-ci, en supposant qu'elle existât, ne prouverait rien à l'encontre du Créateur, comme le démontre saint Thomas (*Summ. theol.* Pars 1a, q. LXX, art. 3, ad 3am). Mais enfin les expérimentations les plus minutieuses n'ont pu, jusqu'ici, constater aucun fait de génération spontanée, et la théorie n'en a plus cours dans la science. Il faut donc, si l'on veut expliquer les faits miraculeux dûment constatés en dehors d'une intervention supranaturelle, se rejeter sur une prétendue loi de la nature que la science " moderne " repousse.

C. DE KIRWAN.

XXIII

MONUMENTA JUDAICA. *Prima pars. Bibliotheca Targumica* (Erster Band, Erstes Heft). *Aramaia : Die Targumim zum Pentateuch.* Herausgegeben von AUGUST WÜNSCHE, WILHELM NEUMANN und MORITZ ALTSCHÜLER. Un vol. in-4° de XXI-58 pages. — Wien und Leipzig, im academischen Verlag, 1906.

La publication des *Monumenta Judaica*, dont le premier fascicule vient de paraître, s'annonce comme un événement impor-

(1) *Guérison subite d'une fracture, récit et étude scientifique*, par L. Van Hoestenberghe, Dr en médecine, R. Royer, Dr en médecine, A. Deschamps, S. J., Dr en médecine et en sciences naturelles, dans la REVUE DES QUEST. SCIENT., du 20 octobre 1899, t. XLVI. — Nous-même avons analysé ce mémoire dans la REVUE THOMISTE, mai 1900, sous ce titre : *Guérison subite d'une jambe cassée et gangrenée depuis huit ans.*

(2) *Lourdes : les grandes Guérisons.*

(3) *Histoire critique des guérisons de Lourdes.*

tant au point de vue scientifique. Pour l'historien des diverses religions qui sont redevables à la Bible d'un grand nombre de leurs éléments, comme pour l'exégète, qui ne saurait se désintéresser des interprétations traditionnelles juives, il y a dans les Targums et le Talmud une source précieuse d'informations. Mais elle est trop peu connue. C'est ainsi que les anciennes versions bibliques, appelées Targums, ne sont encore traduites dans aucune langue moderne ; à moins d'aborder le texte original, il faut se fier à la version latine, souvent défectueuse, qui se trouve dans les grandes Bibles polyglottes de Paris et de Londres.

M. le Dr J.-J. Hollitscher, directeur des *Monumenta Judaica*, a voulu combler cette lacune. Désireux de mettre à la disposition des travailleurs des documents dûment épurés par la critique textuelle, il s'est d'abord entendu avec un spécialiste dans la matière, M. le Dr Moritz Altschüler. Celui-ci fut chargé de reconstituer le texte qui servira de base aux travaux ultérieurs.

Pour élaborer la traduction de ce texte, une difficulté spéciale se présentait.

Les *Monumenta Judaica* sont destinés aux savants de toutes les religions. Comme ils contiennent des textes autrement interprétés par les catholiques, par les protestants et par les Israélites, il fallait naturellement chercher avant tout un terrain d'entente entre les théologiens de ces trois confessions. Voici la solution, qui, dans un esprit de haute impartialité, a été trouvée par M. Hollitscher.

Un comité de rédaction a été constitué, formé par des représentants des trois principales religions intéressées à l'œuvre, MM. Wünsche, Neumann et Altschüler. Le directeur M. Hollitscher est le président du comité. Pour la publication des Targums le travail est distribué de la manière suivante :

M. Altschüler, qui représente la théologie juive, après avoir critiquement arrêté le texte, fait une première traduction, en s'inspirant de l'ensemble de la littérature talmudique et de la littérature orientale juive.

La traduction achevée est revue une première fois par M. Wünsche, théologien protestant, d'après les données fournies par la littérature orientale non juive, surtout par les documents assyriens, arabes et syriaques.

Enfin M. Neumann, professeur à la faculté de théologie de l'Université de Vienne, contrôle au nom des catholiques le texte et la traduction fournis par MM. Altschüler et Wünsche. Comme

de juste, il consulte surtout les Pères de l'Église, la version des Septante, la Vulgate, etc.

La possibilité des divergences d'opinions est prévue. C'est d'abord dans une discussion libre, purement scientifique, qu'en présence du directeur on s'efforcera d'établir l'unité de vues. Mais il peut se faire que l'accord soit impossible à obtenir. Pour respecter la liberté de chacun, et pour mettre le lecteur directement en face de toutes les interprétations, les trois rédacteurs sont autorisés à exposer dans les *Monumenta* leur opinion, en engageant leur responsabilité personnelle. A la majorité des voix le comité détermine la traduction qui est placée dans le texte principal, et celle qui est renvoyée dans le commentaire.

On le voit, M. Hollitscher a voulu faire œuvre de science et être *objectif*, autant que possible. La même largeur de vues, qui a guidé le choix des trois éditeurs, a déterminé aussi celui des collaborateurs. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la liste des noms, cités aux pages XIII et XIV, pour voir que la plus franche impartialité a été observée. Parmi les collaborateurs catholiques, citons M. Döller, professeur de théologie à Vienne, M. Herklotz, professeur au séminaire de Leitmeritz, M. Nikel, professeur de théologie à Breslau, M. l'abbé Riessler, M. Selbst, professeur au séminaire de Mayence, M. B. Schäfer, professeur de théologie à Beuron, M. l'abbé Trzeciak à Posen, M. J. Weiss, professeur de théologie à Graz, le R. P. Zapletal, O. P. professeur de théologie à Fribourg en Suisse.

Le directeur des *Monumenta Judaica* n'a pas voulu se borner à réaliser ce plan, déjà très étendu. Les Targums et le Talmud, si importants comme livres *religieux*, sont tout aussi importants comme livres *historiques*, marquant des phases de l'histoire religieuse en général. Envisagée au point de vue de sa signification historique, toute version directement faite sur l'Ancien Testament devient une sorte de Targum, qui marque elle aussi une date dans le développement religieux. Et pour l'exégète moderne, les bibles syriaque, samaritaine, arabe et les versions latine et grecque ont pour l'intelligence parfaite des livres saints la même valeur que les Targums proprement dits.

Partant de cette idée, M. Hollitscher s'est résolu à donner dans l'œuvre monumentale qu'il dirige, la discussion philologique et historique de tous les textes divergents de quelque importance, fournis par les versions primaires de l'Ancien Testament. Il est certain que les immenses matériaux réunis ainsi et mis à la portée des travailleurs, rendront à ceux-ci un service

signalé. L'intérêt religieux et historique, présenté par les variations successives des textes, saute aux yeux ; et nous pourrons peut-être saisir sur le vif la naissance de certaines interprétations prétendûment traditionnelles, qui ne sont parfois qu'une altération de la signification primitive.

Des dissertations spéciales sur les divers problèmes soulevés par l'examen comparé des textes viendront compléter l'édition des Targums. Déjà maintenant on nous annonce une étude théologique de M. le professeur Neumann concernant le récit de la création : *Eine theologische Nachlese zum Schöpfungsberichte.*

Dans leur ensemble, les principes qui guident les éditeurs dans la publication des Targums seront naturellement appliqués à celle du Talmud. Toutefois les traités ne seront pas donnés dans leur ordre traditionnel, et généralement même, ils ne resteront pas tels quels. A moins d'être talmudiste de profession, il était difficile jusqu'ici de s'orienter dans le dédale des livres juifs, et l'exégète ou l'historien, qui cherchait un renseignement spécial, risquait fort de perdre sa peine. Dans les *Monumenta Judaica*, les écrits talmudiques seront rangés dans un ordre systématique, permettant de grouper les questions se rapportant au même objet. Le principe qui a déterminé l'ordre est très moderne, puisque les éditeurs veulent faire ressortir l'histoire de la civilisation chez les peuples antiques, d'après les deux Talmuds et la littérature midraschique. La culture assyrienne et babylonienne sera au premier plan, et pour le dire en passant, il est à croire que la controverse récente sur la Babylonie et la Bible y trouvera des éléments de solution. Il faut toujours savoir gré aux éditeurs des grandes collections de viser à l'utilité pratique des lecteurs. Mais pour apprécier l'innovation qui nous est annoncée, il faut attendre l'exécution du plan. Il y a un danger réel : une fois qu'on systématise, on est exposé à ne pas avoir toujours la discrétion désirable. Sans doute, la haute compétence des éditeurs est une excellente garantie ; mais des tables détaillées auraient peut-être concilié le maintien de l'ordre traditionnel avec la facilité des recherches.

Le premier fascicule des *Monumenta Judaica* tient largement les promesses des éditeurs : il donne le Targum d'Onkelos sur la Genèse ch. I à XVIII, 26. Pour éviter des frais exagérés et épargner au lecteur une vocalisation pénible, le texte araméen est transcrit en caractères latins. La justification critique du texte sera donnée dans une livraison prochaine.

La traduction est d'une fidélité minutieuse. Il est intéressant

de rappeler ce que deviennent dans l'interprétation d'Onkelos certains passages que nous sommes habitués à entendre autrement. Par exemple, *Gen.* III, 15, Dieu dit au serpent : Je mettrai une inimitié entre toi et la femme, entre ton fils et son fils. Il se souviendra de ce que tu lui as fait au commencement, et tu attendras la fin. -- *Gen.* XV, 1. Dieu dit à Abraham : Ne crains pas, Abram ; *ma parole* sera toujours ton soutien. Ta récompense est très grande. Notre Vulgate porte : *Ego protector tuus sum et merces tua magna nimis.*

On pourrait multiplier ces exemples, qui jettent un jour nouveau sur la portée de certaines prophéties messianiques aux yeux des anciens Israélites, et sur l'importance attachée par eux à la doctrine du Verbe. Des dissertations spéciales viendront certainement discuter les problèmes d'histoire religieuse, qui se posent ainsi d'eux-mêmes.

Outre le texte et la traduction du Targum d'Onkelos *Gen.* I-XVIII, 26, le premier fascicule des *Monumenta* nous donne aussi, en guise d'introduction, deux études très soignées sur la tradition orale chez les Juifs, et sur le nom et la vie d'Onkelos d'après les sources talmudiques. On peut, nous paraît-il, admettre comme définitivement prouvée la non-existence d'une tradition secrète chez les Juifs. Il n'existe aucune tradition orale, qui ne soit codifiée dans les livres. Sans doute, les docteurs juifs peuvent chercher et trouver, même aujourd'hui, des explications et des interprétations nouvelles : c'est le droit de tout écrivain. Mais ce sont là des vues particulières, qui n'ont pas de valeur officielle, et qui sont soumises à la libre appréciation des lecteurs. Elles ne lient personne, si elles ne sont pas ratifiées d'avance par l'autorité du Talmud.

Sur le nom et la vie d'Onkelos, le Talmud donne des renseignements, dont l'exactitude historique doit souvent être révoquée en doute. On sait qu'Onkelos fut, comme saint Paul, disciple de Gamaliël (*Act.* V, 34 ; XXII, 3), mort l'an 53 après Jésus-Christ. Une discussion pénétrante de M. Altschüler suggère l'identification d'Onkelos, auteur de la version araméenne du Pentateuque, avec Aquilas, auteur d'une traduction littérale du Pentateuque en grec. Onkelos était un prosélyte. Avant de s'initier pleinement aux explications rabbiniques, entendues dans la synagogue, il peut avoir fait une version grecque, un peu servile, de la loi de Moïse. Plus tard, quand il eut reçu la circoncision, il noua des relations plus étroites avec les Juifs, soumit son premier travail aux RR. Eliezer et Josué, et se familiarisa pleinement avec leurs

enseignements. Le résultat de ses nouvelles études fut précisément le Targum araméen, qui porte son nom.

Souhaitons que la publication des *Monumenta Judaica* se poursuive rapidement : elle fournira un instrument de travail de premier ordre à tous ceux qui s'intéressent aux antiquités religieuses de l'Orient.

S. E.

XXIV

La Belgique. Institutions, Industrie, Commerce. Un vol. grand in-8° de 870 pages, avec cartes et photogravures au nombre de 500 environ. — Bruxelles, J. Goemaere, 1905.

Ce volume fait partie des publications du Ministère de l'Industrie et du Travail de Belgique. Il a été imprimé pour le Commissariat général du Gouvernement près de l'Exposition universelle et internationale de Liége, sous la direction de M. Jean Mommaert, directeur au Ministère de l'Industrie et du Travail, par M. J. Goemaere, imprimeur du Roi, à Bruxelles. Les photogravures dont il est orné viennent des établissements J. Malvaux, à Bruxelles. Il s'ouvre par une dédicace de M. Francotte, ministre de l'Industrie et du Travail, à Sa Majesté Léopold II, Roi des Belges, Souverain de l'État indépendant du Congo.

C'est un sentiment de fierté patriotique qui a fait entreprendre ce travail et inspiré la pensée de marquer la situation du Pays au début du xxe siècle, et au moment où la Belgique célèbre le soixante-quinzième anniversaire de son indépendance nationale. Voici, en une analyse sommaire, l'indication des divers sujets qu'embrasse cette publication.

Des notes générales sur la géographie du pays, sa population et sa constitution indépendante, servent d'introduction. L'ouvrage expose successivement tout ce qui concerne :

Les institutions politiques, administratives et judiciaires. Le régime électoral. Le pouvoir législatif. Le pouvoir exécutif. Les administrations provinciale et communale. Les cultes et la bienfaisance.

L'enseignement officiel et libre à tous les degrés. Les univer-

sités, académies, bibliothèques, archives, sociétés savantes. Les beaux-arts, leur enseignement et leurs manifestations diverses.

L'agriculture, les eaux et forêts. Le service d'hygiène. Les industries alimentaires.

L'économie sociale ; les lois protectrices du travail ; les institutions mutualistes et caisses de retraite ; les habitations ouvrières ; la Caisse générale d'épargne et de retraite. La situation des classes moyennes et les institutions spéciales d'enseignement technique.

L'industrie belge sous toutes ses formes, depuis les mines de houille, les carrières et la métallurgie, jusqu'à la fabrication de la dentelle et la taille des diamants.

Le commerce intérieur et extérieur de la Belgique.

L'outillage économique du pays. Les ports et voies navigables. Les chemins de fer. La marine. Les postes et télégraphes.

Enfin, le ministère des Affaires étrangères, l'armée, les missions belges à l'étranger et l'État indépendant du Congo.

La plupart des documents émanent des services administratifs compétents, et tous les ministères ont prêté leur concours à leur mise en œuvre.

" Ce livre, dit M. le ministre Francotte, affirme les droits du peuple belge à une existence indépendante : il expose ses titres à l'estime des nations. „

N. N.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES

La Bibliotheca Mathematica (1). — Voici l'indication sommaire des articles publiés en 1904 dans l'excellente revue de M. Eneström. M. Zeuthen nous y parle de l'arithmétique des Grecs et des Indiens (2), Paul Tannery du symbole de la soustraction chez les Grecs (3), et M. Frédéric Hultsch du calcul des fractions sexagésimales dans les scolies d'Euclide (4). Voilà pour l'antiquité.

Le moyen âge a donné lieu à deux articles sur Jordan de Némore, l'un de M. Eneström, l'autre de M. Duhem (5), et à un article sur Léonard de Cremone par M. Favaro (6). Je reviendrai plus loin à ce dernier.

Quant à la période moderne, je n'insisterai pas cette fois sur

(1) Bibliotheca Mathematica. Zeitschrift für Geschichte der mathematischen Wissenschaften, 3e serie, t. V. Leipzig, 1904.

(2) *Sur l'arithmétique des Grecs et des Indiens*, par H. G. Zeuthen, pp. 97-112.

(3) *Sur le symbole de soustraction chez les Grecs*, par Paul Tannery, pp. 5-8.

(4) *Die Sexagesimalrechnungen in den Scholien zu Euklids Elementen*, von Friedrich Hultsch, pp. 225-233.

(5) *Ist Jordanus Nemorarius Verfasser der Schrift : " Algorithmus demonstratus " ?* von G. Eneström, pp. 9-14.

Un ouvrage perdu cité par Jordanus de Némore : le Philotechnes, par P. Duhem, pp. 321-325.

(6) *Nuove ricerche sul matematico Leonardo Cremonese*, di A. Favaro, pp. 326-341.

l'importance de la correspondance d'Euler et de Jean I Bernoulli dont M. Eneström continue la publication (1), mais je signalerai tout d'abord un travail hors de pair : la biographie de Luigi Cremona par M. Loria (2). Personne n'était mieux à même que M. Loria d'entreprendre l'analyse des travaux du grand géomètre, et le professeur de Gênes s'est tiré de cette tâche difficile et délicate avec un vrai bonheur.

Viennent ensuite l'histoire de la découverte de l'horloge à pendule, par M. Gerland (3) ; celle du problème du maximum d'attraction, par M. Hoffmann (4), ainsi que des contributions à l'histoire des précurseurs du calcul infinitésimal, par M. Wallner (5), et à celle du calcul intégral chez Newton et Cotes, par M. von Braunmühl (6). M. Körner nous donne un travail très étendu sur les modifications du concept du point matériel au XVIIIe siècle (7) ; enfin, moi-même j'ai écrit une note sur la trigonométrie d'Adrien Romain (8). J'y confirme, en le complétant et en le rectifiant quelque peu, un fait intéressant mis jadis en lumière par M. von Braunmühl : C'est à Adrien Romain que l'on doit le premier essai systématique de notations trigonométriques. Mais au lieu de le rapporter, avec M. von Braunmühl, au *Canon triangulorum sphaericorum*, publié en 1609, il faut le faire remonter jusqu'au *Speculum Astronomicum*, qui est de 1606 ; d'autant plus que les notations du *Speculum* diffèrent de celles du *Canon* et sont, il faut l'avouer, plus heureuses que ces dernières.

Il me reste à nommer, parmi les questions actuelles, la note sur le *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik*, par M. Mül-

(1) *Der Briefwechsel zwischen Leonhard Euler und Johann I Bernoulli*, von G. Eneström, pp. 248-291.

(2) *Luigi Cremona et son œuvre mathématique*, par Gino Loria, avec portrait photolithographié de Cremona hors texte, pp. 125-195.

Il faut y ajouter : *Un article de L. Cremona sur Giovanni Ceva*, par Gino Loria, p. 311.

(3) *Ueber die Erfindung der Pendeluhr*, von E. Gerland, pp. 234-247.

(4) *Die Entwickelung der verschiedenen Probleme der Maxima der Anziehung*, von E. Hoffmann, pp. 366-397.

(5) *Entwickelungsgeschichtliche Momente bei Entstehung der Infinitesimalrechnung*, von C. R. Wallner, pp. 113-124.

(6) *Beiträge zur Geschichte der Integralrechnung bei Newton und Cotes*, von A. von Braunmühl, pp. 355-365.

(7) *Der Begriff des materiellen Punktes in der Mechanik des achtzehnten Jahrhunderts*, von Theodor Körner, pp. 15-62.

(8) *Note sur la Trigonométrie d'Adrien Romain*, par H. Bosmans, pp. 342-354.

ler (1), et les très intéressantes considérations de M. Eneström sur divers points de la méthodologie de l'histoire des mathématiques (2).

Pour une continuation de l'Histoire des Mathématiques de Cantor (3). — C'est le professeur d'Heidelberg lui-même, qui nous fait connaître dans quelles conditions il entreprend ce grand projet. On pouvait, dit-il, formuler deux desiderata principaux au sujet des *Vorlesungen* et il est le premier à reconnaître qu'ils sont fondés. Et d'abord, les *Vorlesungen* s'en tiennent aux mathématiques pures, en excluant systématiquement l'histoire de leurs applications aux sciences astronomiques et techniques. C'était imposé par la nécessité de limiter un sujet immense, et l'auteur laisse pour le moment à d'autres le soin d'y suppléer.

Mais on pouvait regretter, avec plus de raison semble-t-il, que les *Vorlesungen* arrêtassent l'histoire des mathématiques au milieu du XVIIIe siècle. L'âge de l'auteur et l'énormité du travail déjà accompli pour mener à bien l'œuvre colossale des *Vorlesungen* jusqu'à cette date, excusaient cependant pleinement M. Cantor. N'importe, on a insisté. Mais devant l'impossibilité évidente et absolue où se trouvait l'auteur de se charger seul de la continuation de l'entreprise, un groupe de savants s'est présenté pour travailler sous sa direction.

Le IVe volume des *Vorlesungen* ira de 1759, date du premier mémoire de Lagrange, jusqu'à 1799, date de la thèse doctorale de Gauss. Le plan général des volumes précédents y sera rigoureusement suivi, sauf les modifications imposées par la manière même dont se sont développées les mathématiques à la fin du

(1) *Das Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, 1869-1904*, von Felix Müller, pp. 292-297.

(2) *Ueber regelmässige und unregelmässige historische Entwickelung auf dem Gebiete der Mathematik*, von G. Eneström, pp. 1-4.

Die Geschichte der Mathematik und der Universitätsunterricht, von G. Eneström, pp. 63-67.

Ist es zweckmässig dass mathematische Zeitschriftenartikel datiert werden ? von G. Eneström, pp. 196-199.

Welche Forderungen sind an Rezensionen mathematischer Arbeiten zu stellen ? von G. Eneström, pp. 298-304.

Ein neues litterarisches Hilfsmittel zur Verbreitung mathematisch-historischer Kenntnisse, von G. Eneström, pp. 398-406.

(3) *Ueber einen 4 Band von Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, von Moritz Cantor. JAHRESBERICHT DER DEUTSCHEN MATHEMATIKER-VEREINIGUNG, t. XIII. Iena, 1904.

XVIIIe siècle. C'est ainsi qu'elles commencent à prendre un caractère franchement international ; il n'y aura donc plus lieu de diviser le volume en chapitres par nationalité. Elles ont ensuite une tendance à se spécialiser ; on écrira par conséquent séparément l'histoire de leurs diverses branches, en consacrant des chapitres distincts à chacune d'elles. C'est même ce dernier mode de répartition du volume en chapitres qui a permis, sans trop de peine, de partager le travail entre plusieurs collaborateurs. Voici comment ils se sont distribué la besogne :

M. S. Günther, de Munich : Histoires des mathématiques, Éditions classiques, Dictionnaires.

M. Bobynin, de Moscou : Manuels et recherches de géométrie élémentaire, Théorie des parallèles.

M. von Braunmühl, de Munich : Trigonométrie et Polygonométrie, Tables de logarithmes et autres tables.

M. Cajori, de Colorado Springs : Calcul algébrique, Théorie des équations, Théorie des nombres.

M. Netto, de Giessen : Séries, Combinaisons, Probabilités, Théorie des imaginaires.

M. Kommerell, de Reutlingen : Géométrie analytique.

M. Loria, de Gênes : Géométrie descriptive.

M. Vivanti, de Messines : Traités de calcul infinitésimal, Questions spéciales de calcul infinitésimal, Intégrales définies, Transcendantes.

M. Wallner, de Munich : Différentielles partielles et totales, Calcul des Variations, des Sommes et des Différences.

M. Cantor, d'Heidelberg : Progrès des Mathématiques de 1759 à 1799, Développement des Idées pendant cette période.

Les auteurs espèrent pouvoir être prêts en 1906.

Les mathématiques chez Aristote, par Heiberg (1). — C'est, si je ne me trompe, le Père Blancanus, jésuite, qui eut le premier l'idée de rechercher dans la vaste collection des œuvres d'Aristote toutes les définitions de géométrie et tous les théorèmes qu'elle contient, de les réunir en un volume et de dessiner ainsi un tableau d'ensemble des connaissances mathématiques du Stagirite. Négligeant le texte grec, Blancanus écrivit en latin, en donnant les extraits dans l'ordre où il les rencontrait

(1) *Mathematisches zu Aristoteles* von J. L. Heiberg. ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNG. T. XVIII. Leipzig, Teubner, 1904, pp. 1-49.

dans les traités d'Aristote ; car, au point de vue philosophique spécial où le jésuite se plaçait, l'enchaînement logique des propositions et leur énoncé dans la langue originelle le préoccupaient assez peu. Quoi qu'il en soit, ses *Aristotelis loca mathematica* (1) sont restés, même aujourd'hui, même après le travail de M. Heiberg, un ouvrage de grande valeur, qu'aucun autre ne saurait remplacer. Le professeur de Copenhague le reconnaîtrait probablement sans difficulté lui-même. C'est que malgré le titre, qui pourrait un moment faire soupçonner le contraire, M. Heiberg s'est mis à un point de vue très différent de son devancier. Il n'a pas précisément voulu publier une édition grecque des textes que Blancanus avait donnés en latin, mais en nous faisant connaître les mathématiques chez Aristote, il a cherché plutôt à contribuer, pour sa part, à l'histoire de la formation des *Éléments d'Euclide*. M. Heiberg suit donc l'ordre des *Éléments*. Il cite Aristote en grec, sans le traduire, mais en reliant les divers passages par un commentaire très bref en allemand. Je ne dirai rien du fond de ce travail, on connaît le grand mérite de tout ce qu'écrit M. Heiberg.

L'ouvrage est divisé en trois parties. Dans la première l'auteur étudie les œuvres authentiques d'Aristote. Il reprend ensuite de la même manière, mais plus en abrégé, dans la seconde, les œuvres apocryphes. Quant à la troisième partie, elle a un caractère différent. L'antiquité, dit M. Heiberg, ne semble pas avoir fait pour Aristote le travail entrepris par Théon de Smyrne sur les connaissances mathématiques chez Platon. Cependant, au moyen âge byzantin, on trouve quelque chose d'analogue dans une leçon de Jean Pachymère sur l'*Organon*, conservée dans le *cod. Vindobon. philos. 150*. M. Heiberg en publie le texte dans la troisième partie de son travail.

(1) En voici le titre complet : *Aristotelis loca Mathematica Ex vniuersis ipsius Operibus collecta & explicata. Aristotelicæ videlicet expositionis complementum hactenus desideratum. Accessere de Natura Mathematicarum scientiarum Tractatio ; atq ; Clarorum Mathematicorum Chronologia. Authore Iosepho Blancano Bononiensi è Societate Iesu, Mathematicarum in Gymnasio Parmensi Professore. Ad Illustrissimum ac Nobilissimum Petrum Franciscum Malaspinam Aedificiorum Marchionem, apud Cæs. Maiestatem pro Sereniss. Parmensium Duce Legatum. Bononiæ M. DC. XV. Apud Bartholomæum Achium. Superiorum permissu. Sumptibus Hieronymi Tamburini.*

La nouvelle édition de l'astronomie d'Albategnius, par Nallino (1). — Albategnius vécut à la fin du IXe siècle et au commencement du Xe. On ne connaît pas la date exacte de sa naissance, mais les historiens arabes le font mourir le 13 février 929. C'était au retour d'un voyage à Bagdad, dans une petite bourgade nommée Qaçr-al-Giçç.

Les occidentaux ont tous représenté Albategnius comme un prince, grand seigneur. Rien ne vient confirmer cette légende, dont on ne retrouve pas de trace chez les auteurs arabes. Albategnius y apparaît seulement comme le plus habile de leurs observateurs et le plus grand de leurs astronomes, ce qui est incontestable. Son influence a été énorme, même chez les occidentaux. Pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler que Régiomontan l'avait profondément étudié, qu'il en avait commenté les endroits les plus difficiles, et qu'en dernière analyse — fait que l'on soupçonnait déjà et que la nouvelle édition de M. Nallino démontre à toute évidence — Régiomontan doit à Albategnius une grande partie de ses connaissances astronomiques et trigonométriques.

M. Nallino nous donne d'abord, dans la Préface, des renseignements, aussi nombreux que nouveaux, tant sur la personne elle-même d'Albategnius que sur ses ouvrages. Je voudrais pouvoir les résumer ici, mais les limites de ce bulletin m'obligeant à me borner, je dirai seulement un mot de l'*Opus astronomicum* dont le savant italien entreprend la réédition.

L'*Opus astronomicum* est, en fait, le seul ouvrage d'Albategnius qui ait été étudié jusqu'à ce jour. Il a eu autrefois deux éditions, l'une en 1537, l'autre en 1645 (2).

(1) *Al-Battânî sive Albatenii Opus Astronomicum* ad fidem codicis Escurialensis Arabice editum, latine versum, adnotationibus instructum a Carolo Alphonso Nallino. *Pars prima Versio Capitum cum animadversionibus*, Milan, 1903. PUBBLICAZIONI DEL REALE OBSERVATORIO DI BRERA IN MILANO. N° XL. Parte I. Gr. in-4°, de LXXX-327 pages.

Pars secunda. Versio latina Tabularum cum animadversionibus indicibusque (sous presse).

Pars tertia, textum arabicum continens, Milan 1899. PUBBLICAZIONI... etc. N° XL. Parte III, 284 pages.

Je remercie la Bibliothèque de l'Observatoire Royal d'Uccle pour l'obligeance avec laquelle elle a mis son exemplaire à ma disposition.

(2) En voici les titres : *Continentur in hoc libro. Rudimenta astronomica Alfragani. Item Albategnius astronomus peritissimus de motu stellarum, ex obseruationibus tum propriis, tum Ptolemæi, omnia cũ demonstrationibus Geometricis & Additionibus Ioannis de Regiomonte. Item Oratio introductoria in omnes Scientias Mathematicas Ioannis*

Ce ne sont là cependant que des éditions fragmentaires qui contiennent le texte courant de l'ouvrage, mais en omettent la partie probablement la plus utile, je veux dire les tables astronomiques. Elles ont été faites d'après une version écrite en très mauvais latin par Platon de Tivoli. Platon, on l'a répété souvent, n'était guère astronome et M. Nallino nous affirme qu'il n'était pas beaucoup plus fort en arabe. Il traduit fréquemment, mot pour mot, des passages auxquels il ne comprend rien et en forge des phrases qui n'ont aucun sens possible. Delambre a essayé de l'expliquer, mais l'obscurité de Platon l'a plus d'une fois induit dans de graves erreurs. Pour Albategnius plus encore que pour d'autres, il arrive au célèbre historien de l'astronomie de substituer, sans en avertir, ses idées et ses démonstrations à celles de l'auteur dont il écrit le commentaire (1). Ni Hanckel ni Cantor ne semblent avoir eu le courage de beaucoup étudier Albategnius lui-même ; s'en rapportant à Delambre, ils ne font que le répéter. Quant à von Braunmühl, seul il parle du grand astronome avec exactitude, encore ne s'occupe-t-il que de sa trigonométrie (2).

de Regiomonte. Patauij habita, cum Alfraganum publice prælegeret. Eivsdem utilissima introductio in elementa Euclidis. Item Epistola Philippi Melanchtonis nuncupatoria ad Senatum Noribergensem. Omnia iam recens prelis publicata. Norimbergæ anno M.D.XXXVII. — Au f° 36 : *Explicit Alfraganus. Norimbergæ apud Joh. Petreium, anno salutis MDXXXVII.*

Mahometis Albatenii De Scientia Stellarum Liber, cum aliquot additionibus Joannis Regiomontani ex bibliotheca Vaticana transcriptus. A la fin : *Bononiæ M.DC.XLV. Typis Hæredis Victorii Benatii. Superiorum permissu.* Quoi qu'en dise le titre, ce n'est qu'une reproduction de l'édition de 1537, mais beaucoup plus fautive que l'édition originale.

(1) Ce n'est pas la première fois que j'ai l'occasion de faire cette remarque, et je suis heureux de pouvoir en confirmer le bien fondé par l'avis d'un homme de l'autorité de M. Nallino.

" Delambre, dit-il (*Histoire de l'Astronomie du Moyen-Age*, Paris, 1819, pp. 16-62), Platonis versione quantum fierit poterat doctrinas Albatenias eruere conatus est ; sed obscurus et imperitus interpres tantum virum saepe in graves induxit errores. Delambre autem, multa problemata potius ad suam quam ad auctoris mentem resolvens et formulas suas interdum Albateniis commiscens, causa fuit cur postea Hankel et Cantor, ejus vestigia persequentes, de Albatenio falsa sentirent „ (p. XL).

Si ma remarque peut paraître renfermer une critique, ce n'est qu'en me plaçant au point de vue *historique*, car au point de vue *mathématique* la méthode de Delambre est très défendable.

(2) *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie*. Leipzig, Teubner,

L'utilité d'une édition meilleure d'Albategnius était donc incontestable, et voici comment M. Nallino s'y est pris pour nous la donner. Il ne s'agit toujours, bien entendu, que du seul *Opus astronomicum*.

Tout d'abord, et la chose est connue, le texte original arabe de l'*Opus* nous a été conservé. Mais quoique certains catalogues de bibliothèques puissent faire croire le contraire, il ne subsiste que dans un seul manuscrit, celui de la Bibliothèque de l'Escurial. Ce texte assez imparfait est encore, à tout prendre, le meilleur et surtout le plus intelligible.

Il y en a eu deux versions latines, celle de Platon de Tivoli et celle de Robert de Rétines. Malheureusement les manuscrits retrouvés par M. Nallino contiennent tous la version de Platon et celle de Robert est aujourd'hui perdue.

Platon et Robert se sont-ils contentés du texte courant ? Ont-ils traduit en outre les tables astronomiques ?

On ne saurait l'affirmer d'une manière certaine, mais la chose est probable du moins pour l'un des deux. La Bibliothèque de l'Arsenal, à Paris, possède, en effet, une très importante version espagnole qui semble devoir remonter au roi Alphonse X, c'est-à-dire au XIIIe siècle. Or, cette traduction renferme les tables et le traducteur paraît avoir travaillé sur une version latine et non pas sur le texte arabe (1).

En résumé, les sources à utiliser sont l'original arabe et deux versions anciennes, l'une en latin, l'autre en espagnol.

La méthode à suivre pour la publication du texte arabe s'imposait. Le manuscrit de l'Escurial est unique, l'intérêt en est surtout philologique et documentaire ; il fallait donc l'imprimer tel qu'il est en se contentant d'en corriger les fautes de plume. Ce texte remplit le fascicule III. Mon incompétence me défend d'en parler. Qu'il me suffise de dire qu'on y trouve la première édition des tables astronomiques d'Albategnius.

Mais si la question était simple pour le texte original de

1900, pp. 50-54. En tout ceci je ne fais que me rallier à l'avis de M. Nallino, qui regrette, avec raison, que le savant professeur de Munich n'ait pas pu recourir au texte arabe d'Albategnius.

Il est intéressant de comparer le passage de von Braunmühl cité ci-dessus, au chapitre de la préface de Nallino intitulé *Trigonometria Albatenia*, (pp. XLVI-XLVIII).

(1) Pour des raisons assez plausibles, mais trop longues à exposer ici, M. Nallino croit que cette version latine des tables d'Albategnius a été plutôt l'œuvre de Robert de Rétines que celle de Platon de Tivoli.

l'*Opus*, il était loin d'en être de même pour la version latine qu'il convenait d'en donner au public. Fallait-il rééditer Platon de Tivoli ? Halley (1) et Delambre (2) en avaient, il est vrai, fait la base de leurs commentaires ; c'était une raison, mais était-elle suffisante ? M. Nallino ne l'a pas cru. Heureusement pour nous ! Car, avec cette clarté, cette élégance, cette merveilleuse facilité de plume dont les savants italiens ont gardé le secret, il nous donne une traduction latine bien près, cette fois, d'être parfaite et qui de longtemps ne sera pas surpassée.

Reste la richissime collection d'éclaircissements et de notes que M. Nallino y a ajoutés.

Il se trouvait, pour les écrire, dans une situation assez embarrassante. " Je m'adressais à la fois, dit-il, aux philologues et aux géomètres. Or, leurs genres d'études sont si disparates, que ce qui paraît simplicité presqu'enfantine aux uns, présente cependant des difficultés sérieuses aux autres. „ Dans cette conjoncture, que faire ?

Tâcher de se mettre à la portée de tout le monde et affronter, sans trop de crainte, le reproche de paraître prolixe.

" Moi-même, ajoute M. Nallino, je suis plus philologue que géomètre. Bien des fois j'aurais hésité à me fier à mes propres idées, mais j'ai trouvé le plus précieux des concours chez M. Schiaparelli, directeur de l'Observatoire de Milan. Il a bien voulu reviser mes notes, vérifier mes calculs et les enrichir souvent de remarques et de réflexions personnelles. Pour les distinguer des miennes, elles sont mises entre crochets d'intercalation d'une forme spéciale. „

Rencontrer Schiaparelli pour commenter Albategnius ! Quelle fortune, pour M. Nallino !

Et maintenant comment Albategnius lui-même sort-il de cette redoutable épreuve d'une nouvelle édition de son *Opus astronomicum* claire et facile à comprendre ?

Absolument grandi (3) et, à tout point de vue, à la hauteur de

(1) *Emendationes ac Notae in vetustas Albatenii observationes astronomicas, cum resolutione tabularum lunisolarium eiusdem authoris*, par Edm. Halley, S. R. S. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS, v. XVII, for the Year 1694. London, 1695, pp. 913-921.

(2) *Histoire de l'Astronomie du Moyen-Age*, par M. Delambre, Paris, Courcier, 1819, pp. 10-62.

(3) Je citerai notamment le chapitre XXVI, à propos duquel Albategnius est si fort maltraité par Regiomontan et par Delambre. L'astronome arabe n'y dit aucune des absurdités que lui prête la version de

sa réputation. C'est un observateur consciencieux et adroit, mais modeste ; sincère admirateur de Ptolémée, dont il ne s'écarte qu'à regret, tout en étant très supérieur à son modèle.

Ajouterai-je qu'il a trouvé en M. Nallino un éditeur digne de lui ?

Le savant italien me dirait, peut-être, que je force la note. Je n'insiste donc pas, quoique son édition de l'*Opus astronomicum* me paraisse le document le plus important qui ait été publié jusqu'ici sur l'astronomie arabe.

Les travaux de M. A. Favaro sur Léonard de Crémone (1). — En présentant il y a deux ans aux lecteurs de la REVUE (2) le *Traité d'Arpentage* (3) de Léonard de Crémone, je disais : " On ne connaît guère la vie de Léonard. Lui-même date la fin de son travail par les mots *completa die primo aprilis 1488,* qui prouvent qu'il vivait au déclin du xve siècle. Arisio le nomme dans sa *Cremona illustrata.* Une première fois il le qualifie de *insignis astronomus, physicus et mathematicus ;* puis, quelques lignes plus loin, il rapporte ce passage de Jerôme Vida : *fuit ante Blasium, Leonardus Maynardus, qui suo tempore non tantum inter nostros, sed etiam inter omnes, in iis studiis* (les mathématiques) *tenuit principatum.* On n'en sait pas davantage. „

En m'exprimant ainsi, j'utilisais les renseignements que le regretté Max Curtze donnait lui-même dans la préface de son édition ; mais ils renferment plusieurs erreurs, comme on l'a reconnu depuis.

Platon de Tivoli. C'est donc Platon et non pas Albategnius qui mérite les reproches des deux savants critiques. Quant au chapitre XXV, il est probablement interpolé et continue à rester inintelligible en plusieurs endroits.

(1) Ce sont par ordre de dates : *Sul matematico Cremonese Leonardo Mainardi.* BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e ser., t. IV, 1903, pp. 334-337.

Intorno al presunto autore della Artis metrica practice compilatio. ATTI DEL REALE ISTITUTO VENETO DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI. Anno accademico 1903-1904. T. LXIII. Part. 2, pp. 377-395.

Nuove ricerche sul matematico Leonardo Cremonese. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e serie, t. V, 1903, pp. 326-341.

(2) Janvier 1904, pp. 291-295.

(3) *Die " Pratica Geometriæ „ des Leonardo Mainardi aus Cremona,* publiée dans les *Urkunden zur Geschichte der Mathematik in Mittelalter und Renaissance* herausgegeben von Maximilian Curtze. ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNGEN. Leipzig, B. G. Teubner, 1902.

C'est M. Gustave Eneström qui appela, le premier, l'attention sur les obscurités que présentait le problème de l'auteur du *Traité d'Arpentage*. Il fit remarquer, dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (1), que la date du 1er avril 1488, inscrite sur le manuscrit, publié par Curtze, n'était pas nécessairement celle de la composition de l'ouvrage ; mais qu'elle pouvait être aussi bien celle de la traduction italienne, ou même tout bonnement celle de la copie. Les mots *fuit ante Blasium* le firent songer au célèbre Biagio de Parme qui mourut, on le sait, le 23 avril 1416. Si cette conjecture se vérifiait, Léonard Mainard eût vécu un siècle plus tôt que ne le supposait Curtze, et l'intérêt de son *Traité d'Arpentage* en serait augmenté d'autant. M. Eneström posait donc le problème.

M. A. Favaro l'aborda aussitôt. Léonard Mainard, d'après lui, était plus connu, du moins en Italie, que ne le supposait Curtze. Notamment l'époque où il vivait ne pouvait être révoquée en doute : c'était bien celle que lui avait assignée le professeur de Thorn. Mais M. Favaro soulevait une autre difficulté : Léonard de Crémone auteur du *Traité d'Arpentage* était-il bien Léonard Mainard ? Ne fallait-il pas plutôt voir sous ce nom Léonard d'Antonii de Crémone ? Avec preuves à l'appui, M. Favaro observait que l'existence de Léonard d'Antonii au commencement du xve siècle était aussi bien assurée que celle de Léonard Mainard à la fin du même siècle. Il y avait donc lieu de se demander lequel des deux Léonard de Crémone était l'auteur du traité publié par Curtze.

Paul Tannery intervint alors dans la discussion. La conjecture de M. Favaro, disait-il dans le JOURNAL DES SAVANTS (2), était la vérité même. Léonard d'Antonii était l'auteur du *Traité d'Arpentage*, car le manuscrit N° 7192 du fonds latin de la Bibliothèque Nationale tranchait la question. Mais, modeste et désintéressé comme toujours, le savant français se contentait de cette indication générale, désireux qu'il était de laisser à son illustre ami de Padoue l'honneur de continuer à mettre la solution du problème en pleine lumière. C'est d'ailleurs ce qu'avec sa maîtrise habituelle, M. Favaro n'a pas manqué de faire dans ses *Nuove ricerche sul matematico Leonardo Cremonese*. Il n'est plus

(1) *Ueber den italienischen Mathematiker Leonardo Mainardi*. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e ser., t. IV, 1903, p. 290.

(2) Août 1904. *Maximilian Curtze historien des mathématiques*, pp. 466-468.

douteux que le *Traité d'Arpentage* ne soit dû à Léonard d'Antonii et qu'il ne remonte par conséquent au commencement du XVe siècle. On le voit, ce *Traité* déjà si important et si curieux y gagne encore beaucoup en intérêt historique. Il montre, comme le dit fort bien Paul Tannery (1), que Léonard de Crémone, son auteur, fut " l'un de ces précurseurs ignorés dont les savants de la Renaissance utilisèrent les travaux sans citer les noms ".

Pour une édition nationale des Œuvres de Torricelli (2). — Peu de noms sont à bon droit aussi populaires que celui d'Évangéliste Torricelli, l'inventeur du baromètre (3). Et cependant, par une rare série de contretemps les plus divers et de malheurs, le petit nombre de ses travaux a été livré à l'impression. Les autres, précieusement conservés à la Bibliothèque Nationale de Florence, y forment une vaste collection manuscrite ne comptant pas moins de 24 volumes. On en a de nos jours publié, à diverses reprises, des extraits. Leur haut intérêt fait vivement désirer une étude complète et méthodique du reste. Il suffira de rappeler, par exemple, les recherches de Torricelli sur la courbe logarithmique, éditées par M. Loria (4), pour prouver combien cette curiosité du public est justifiée. On sait d'ailleurs quelle grande et légitime influence la correspondance de Torricelli a exercée sur les géomètres et les physiciens de son temps! Aussi s'accorde-t-on pour demander une édition critique et complète des œuvres, tant imprimées qu'inédites, de l'immortel Italien.

Le Congrès des Sciences historiques tenu à Rome, en 1903, s'est fait l'écho autorisé du vœu général en votant la motion suivante :

(1) Dans un compte rendu des *Urkunden* de Curtze, publié dans le BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES de Darboux, 2e série, t. XXVIII, 1re partie. Paris, 1904, p. 167.

(2) *Un' impresa nazionale di universale interesse (pubblicazione delle opere di Evangelista Torricelli).* Relazione del Prof. Gino Loria (ATTI DEL CONGRESSO INTERNAZIONALE DI SCIENZE STORICHE (ROMA, *1903*). T. XII. Roma, 1904.

(3) Voir sur ce sujet : *Evangelista Torricelli. Esperienza dell' Argento Vivo. Accademia del Cimento Instrumenti per conoscer l'Alterazioni dell' Aria.* NEUDRUCKE VON SCHRIFTEN UND KARTEN UEBER METEOROLOGIE UND ERDMAGNETISMUS, herausgegeben von Professor Dr. G. Hellmann. No 7, Berlin, 1897.

(4) *Le ricerche inedite di Evangelista Torricelli, sopra la curva logarithmica* di Gino Loria. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e série, t. I, 1900, pp. 75-89.

" Le Congrès prie le Gouvernement de Sa Majesté le Roi d'Italie :

„ 1° De nommer une commission d'hommes compétents chargée d'examiner les manuscrits d'Évangéliste Torricelli et de déterminer ceux d'entre eux qui méritent l'honneur de l'impression.

„ 2° De prendre l'initiative d'une *Édition complète des Œuvres de Torricelli*. Elle devrait comprendre tous ses ouvrages déjà imprimés antérieurement, celles de ses œuvres inédites qui en seraient jugées dignes et, en outre, sa correspondance scientifique. Une pareille entreprise couronnerait glorieusement l'*Édition nationale des Œuvres de Galilée*. „

Nous tiendrons, s'il y a lieu, nos lecteurs au courant des suites qui pourraient être données à cette motion.

Louis de Puget, François Lamy, Louis Joblot, par H. Brocard (1). — Louis Joblot à titre de Barrisien est visiblement celui de ces trois savants qui intéresse le plus M. Brocard, mais Louis de Puget de Lyon (2) est le plus connu, grâce à la correspondance de Boileau-Despréaux et de Brossette, dans laquelle son nom revient fréquemment. Quant à dom François Lamy, bénédictin, il ne faudrait pas le confondre avec le Père Bernard Lamy de l'Oratoire, dont les *Éléments de Géométrie* jouirent de tant de vogue au XVIIIe siècle (3).

" Louis Joblot était bien oublié, même en sa ville natale (4),

(1) *Louis de Puget, François Lamy, Louis Joblot, leur action scientifique d'après de nouveaux documents. Contribution à l'Histoire des Sciences Physiques et Naturelles de 1671 à 1711*, par H. Brocard, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Correspondant du Ministère de l'Instruction Publique. Bar-le-Duc. Imprimerie Comte-Jacquet, Facdouel, directeur. MDCCCCV. Gr. in-4° de VII-232 pages.

(2) Louis de Puget naquit à Lyon en 1629 et y mourut le 16 décembre 1709. On lui doit d'importantes observations de magnétisme et de micrographie.

(3) Un éloge de dom François Lamy a été publié, en 1857, par M. Alphonse Dantier dans les pièces annexées à ses deux rapports sur la correspondance inédite des Bénédictins de St-Maur (ARCHIVES DES MISSIONS SCIENTIFIQUES ET LITTÉRAIRES. Tome VI. Paris, 1857). Il est réédité, par M. Brocard, sous le N° CXIV. Qu'il nous suffise de dire ici que François Lamy, religieux bénédictin de l'abbaye de Saint-Denis, naquit à Monthireau en Beauce, en 1636, et qu'il mourut à Saint-Denis, le 11 avril 1711.

(4) Il naquit à Bar-le-Duc, où il fut baptisé le 9 août 1645, et mourut à Paris le 27 avril 1723.

nous dit M. Brocard, quand l'attention se porta sur lui dans deux articles de la REVUE SCIENTIFIQUE parus à peu d'intervalle :

„ 10 février 1894. Docteur Paul Cazeneuve, professeur à la Faculté de Médecine de Lyon : *La génération spontanée d'après les livres d'Henri Backer et de Joblot (1754).*

„ 9 mars 1894. Jacques Boyer, professeur de Mathématiques et de Physique à Paris : *Joblot et Backer.*

„ Ces deux études furent immédiatement reprises, et bientôt, la *Société des Lettres, Sciences et Arts* de Bar-le-Duc publiait, au tome IV de ses MÉMOIRES, paru en octobre 1895, une magistrale notice biographique, due à M. Wlodimir Konarsky, intitulée : *Un savant Barrisien, précurseur de M. Pasteur. Louis Joblot* (133 pages, 4 planches). „

Le travail de M. Brocard, fruit de recherches longues et consciencieuses, a pour objet de fournir des matériaux destinés à compléter quelque jour la biographie de Louis Joblot et l'histoire de ses relations avec le physicien Louis de Puget. C'est une publication de documents en bonne partie inédits, au nombre de 116, dont aucun pris isolément n'a, peut-être, une importance de premier ordre, mais dont l'ensemble très intéressant mérite d'être signalé à la curiosité des physiciens.

" Il eût été désirable, dit M. Brocard, que la *Société française de Physique* les publiât dans sa collection de documents et mémoires originaux, à côté des travaux de Coulomb, d'Oersted et d'Ampère. Le Comité des travaux historiques et scientifiques aurait sans doute proposé aussi de les éditer dans une de ses publications officielles, ou de recommander leur insertion dans quelque volume des *Notices et Extraits des Manuscrits de la Bibliothèque Nationale et autres bibliothèques, publiés par l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.* De son côté, la *Société des Lettres, Sciences et Arts* de Bar-le-Duc aurait peut-être accepté de contribuer à cette publication, mais elle a fait remarquer avec raison que cette œuvre n'était pas exclusivement Barrisienne et n'avait pas de relations assez directes avec l'œuvre de Joblot. „

Avec un désintéressement et une générosité auxquels il nous a déjà habitués en mainte circonstance, M. Brocard a " simplifié les choses „, en prenant à ses frais l'initiative de cette publication, quitte à limiter le tirage à cent vingt exemplaires adressés directement à diverses bibliothèques publiques ou distribués à des amis personnels.

En fait, le volume de M. Brocard contient, au nombre de cent

seize, tous les documents connus concernant l'activité scientifique de Joblot, de Puget et du P. Lamy. Outre beaucoup de pièces inédites, on y trouve la réimpression de plusieurs autres, tirées pour la plupart de la *Correspondance de Boileau-Despréaux et Brossette*, du *Journal des Savants*, des *Mémoires pour l'Histoire des Sciences et des Beaux-Arts* publiés à Trévoux et de quelques autres ouvrages. Ces articles éclaircissent en les complétant les documents, jusqu'ici inconnus, publiés par M. Brocard pour la première fois.

L'exécution matérielle du volume est magnifique, j'allais dire trop belle, car elle empêcherait plus d'une très utile publication de pièces d'un genre analogue, s'il était reçu qu'elles ne pussent être éditées sans ce luxe d'impression et de planches hors texte. M. Brocard s'est visiblement inspiré des grandes éditions des œuvres de Fermat, de Huygens, de Galilée et de Descartes ; encore une fois c'est parfait, mais c'est presque trop beau.

Sur une erreur mathématique de Descartes, par Paul Tannery (1). — Cet article de Paul Tannery est assez court et n'a peut-être même pas bien grande importance, mais le lecteur me pardonnera de donner, en épilogue à mon compte rendu, un nouveau témoignage de sympathie à notre regretté confrère, en ne passant pas sous silence l'un des derniers écrits sortis de sa plume.

Descartes s'est trompé en énonçant les lois de la chute des corps. Tel est, on le sait, l'avis de Paul Tannery et telle a été après lui l'opinion de tout le monde, à l'exception toutefois de M. Chazottes, professeur à Guéret (Creuze) (2).

Mais écoutons d'abord Descartes. Après avoir dit que les vitesses d'un corps tombant en chute libre croissent comme les temps, il ajoute : " D'où il suit certainement que si vous laissiez tomber une boule, *in spatio plane vacuo* de 50 pieds de haut, que, de quelque matière qu'elle pust estre, elle employeroit justement trois fois autant de temps aux 25 premiers pieds, qu'elle feroit aux 25 derniers. „ Je choisis ce passage parce qu'il est en français, mais il y en a d'autres analogues.

Il a semblé à M. Chazottes qu'un homme de la valeur de

(1) *Sur une erreur mathématique de Descartes*, par Paul Tannery. Archiv für Geschichte der Philosophie. Nouv. série, tome X, Berlin, 1904, pp. 324-340.

(2) *Sur une prétendue faute de raisonnement que Descartes aurait commise*, par J. Chazottes, professeur à Guéret (Creuze). Ibid., pp. 171-175.

Descartes ne pouvait pas s'être trompé. Partant de cette idée préconçue, l'explication de la loi des espaces que je viens de rappeler, doit donc, d'après lui, signifier que les espaces parcourus sont proportionnels aux carrés des temps. C'est une thèse paradoxale ; mais dire le point précis où pèche le raisonnement de M. Chazottes est chose néanmoins assez difficile. L'auteur a un style obscur et s'exprime d'une manière si peu conforme à l'usage reçu entre mathématiciens, qu'il est malaisé de le comprendre. Tannery a bien beau jeu à le réfuter. Il le fait avec tant d'aisance, de clarté et de malice, qu'on a presque l'impression qu'il enfonce des portes ouvertes.

Je ne puis résister au plaisir de transcrire, par exemple, cette réflexion de bon sens par laquelle il termine : " Il y a une croyance trop répandue, dit-il, c'est que les sciences exactes ont été construites comme elles peuvent et doivent être enseignées, c'est-à-dire sans tâtonnements et sans erreurs de la part de ceux qui ont frayé des voies nouvelles. Cette croyance il faut la laisser aux maîtres d'école, à qui il n'est pas permis de se tromper; la vérité historique est que, même en mathématiques, les plus grands génies ont commis des inadvertances singulières :

" *Quandoque bonus dormitat Homerus* „

et cela non seulement dans leur correspondance, mais encore dans les écrits qu'ils ont publiés. Dans la *Géométrie* de Descartes, il y en a deux en particulier que les contemporains n'ont pas remarquées. Mais dans ces erreurs des grands novateurs, dont ni Fermat, ni Galilée, ni tant d'autres ne sont pas indemnes, on reconnaît la griffe du lion. Ils n'en sont pas diminués ; cela doit au contraire nous rendre plus humbles vis-à-vis d'eux et nous faire bien comprendre la difficulté de la tâche qu'ils ont accomplie, la grandeur des services qu'ils ont rendus à l'humanité comme créateurs de branches nouvelles de la science. Honorons-les donc jusque dans leurs erreurs ; car ce sont eux qui nous ont appris à n'y plus retomber. „

H. Bosmans, S. J.

GÉOLOGIE

—

La craie phosphatée de Taplow. — L'Angleterre, si riche en gisements minéraux de tout genre, ne possède qu'un seul petit gîte de craie phosphatée, celui de Taplow. Les recherches récentes de MM. White et Treacher (1) leur ont permis de tirer les conclusions suivantes : La craie en question, dans sa portion la plus riche, est de l'âge des craies à *Marsupites cortestudinarius*. Sa faune microscopique est absolument particulière. Elle constitue un gisement extrêmement localisé qui paraît déposé dans une sorte de cuvette ou entonnoir d'origine synclinale. Enfin, une partie au moins du constituant phosphaté a acquis ses caractères sur place. D'après cela, cette craie est contemporaine des craies phosphatées du turonien du Cambrésis. Comme tous les gisements de craies phosphatées ou de calcaires oolithiques phosphatés, elle se trouve en cuvettes isolées. Cela est vrai à Ciply en Belgique, pour toutes les craies phosphatées du nord de la France, pour les calcaires richement phosphatés de l'éocène d'Algérie et de Tunisie. Ce serait une nouvelle preuve du bien fondé de l'hypothèse de M. F. Cornet, qui attribue la formation de ces gisements à l'accumulation de débris organiques dans des mers fermées en voie d'évaporation.

Les wash-out du houiller du Yorkshire. — Les géologues anglais ont fréquemment décrit. avec grand détail, de singuliers accidents que l'on observe dans leurs bassins houillers. Ce sont des endroits où, dans une couche de charbon, le charbon a été enlevé, après coup, sur une étendue plus ou moins grande et remplacé par des sédiments généralement arénacés, voire même caillouteux. Les allures de ces accidents rappellent à l'esprit l'aspect de sections de lits de rivière ou de chenaux torrentiels. M. E. F. Middleton (2) décrit à son tour des accidents semblables, présentant les traits les plus caractéristiques de ce genre de bouleversements. Du charbon a été enlevé dans des sortes de cuvettes et remplacé par du grès, qui aux alentours forme le toit de la couche et qui là descend jusque sur le mur, en supprimant le charbon. Dans un autre cas, un conglomérat avec vrais cail-

(1) QUARTERLY JOURN. OF THE GEOL. SOC., t. LXI, 1905, p. 461.
(2) *Ibid.*, p. 339.

loux, dont M. Middleton ne donne malheureusement ni l'origine ni la nature, est venu raviner la couche de charbon. Ce qu'il y a de plus remarquable dans les faits cités ici, c'est que l'on observe un accident semblable dans deux couches superposées écartées de plus de 200 mètres. Les deux accidents sont pour ainsi dire superposés, et l'on n'en observe pas dans une couche intermédiaire. A l'occasion de la discussion qui a suivi la lecture du travail de M. Middleton, M. Fox-Strangways a signalé que dans le bassin du Leicestershire on avait observé un dérangement semblable, qui se composait d'un creux où venaient aboutir de nombreux courants tributaires donnant l'impression du tracé classique d'un système de drainage.

Les horizons marins du houiller du North-Staffordshire. — Il est un fait bien surprenant, c'est de voir combien, partout, a été peu étudié le terrain qui devrait par excellence être le mieux connu, je veux parler du terrain houiller. Quand on voit de quelle utilité serait pour la détermination et le synchronisme des formations houillères la rencontre d'horizons persistants et caractéristiques de fossiles, on s'étonnerait que l'on n'ait pas déployé autant de zèle à leur recherche que pour d'autres terrains, si l'on ne savait que la récolte des faunes houillères nécessite de longues et pénibles recherches au fond des charbonnages, recherches qu'on doit faire par soi-même. C'est par suite de ce manque de zèle que le bruit a couru, et court encore, que les fossiles houillers sont rares et inutiles et leurs horizons sans persistance. Chaque fois qu'un chercheur patient et tenace s'est mis à la besogne, la fausseté de cette opinion a éclaté immédiatement. Le travail que vient de publier M. Stobbs (1) en est une nouvelle preuve. L'Angleterre, par suite de toutes sortes de circonstances, est le pays dont les terrains houillers sont le mieux connus au point de vue qui nous occupe. Tout spécialement le bassin du North-Staffordshire, grâce aux travaux anciens de M. J. Ward, était en tête comme progrès des connaissances. Cela n'a pas empêché M. Stobbs d'y faire des découvertes capitales que nous pouvons résumer de la façon suivante. Le bassin en question renferme onze niveaux marins. Ces niveaux, très étendus, très riches, se trouvent dans toute l'épaisseur du terrain houiller. Les fossiles marins alternent avec les couches renfermant les fossiles considérés comme d'eau douce (Carboni-

(1) QUARTERLY JOURN. OF THE GEOL. SOC., t. LXI, 1905, p. 495.

cola, etc.). Il n'y a jamais mélange des deux faunes, mais les deux peuvent se trouver très voisines. La faune de ces niveaux marins, variable comme groupement, ne présente aucune variation sensible de haut en bas du houiller. Dans un des niveaux les plus élevés, on rencontre des fossiles du houiller le plus inférieur et même du calcaire carbonifère. Il y a au moins trois de ces niveaux fossilifères qui s'étendent dans les bassins voisins tels que ceux du Lancashire, du Yorkshire, du South-Staffordshire et de Coalbroak-Dale. Dans beaucoup d'autres bassins on commence à trouver des horizons marins que l'on pourra utiliser plus tard pour étendre les synchronismes proposés à d'autres bassins encore.

Il est inutile d'insister sur l'importance capitale de la plupart de ces conclusions et sur le bouleversement qu'elles apportent dans les idées ; mais il est curieux de suivre la marche des connaissances. Lors de la rencontre des premiers fossiles houillers, on a dit qu'ils étaient accidentels et dus à des invasions. Lorsqu'ils se sont multipliés, on a fini par admettre que le houiller inférieur était caractérisé par ses faunes marines. Bientôt cette conclusion devra s'étendre à tout le houiller, et ce qui était l'exception sera alors la règle. Ajoutons qu'un excellent appendice paléontologique par M. W. Hind, le spécialiste le plus autorisé en la matière, augmente encore la valeur du travail.

Les Alpes entre le Brenner et la Valteline (1). — Le Congrès géologique international de Vienne en 1903 et surtout les grandes excursions géologiques qui l'ont accompagné, ont eu les conséquences les plus heureuses pour la géologie autrichienne. Il existait en effet dans cette vaste contrée des régions qui, malgré tout le talent et le zèle des savants autrichiens, étaient restées, au point de vue géologique, de grandes énigmes. Un tel état de choses peut s'expliquer fort bien et durer fort longtemps. Par habitude, par esprit d'école ou tout autrement, chacun emboîte le pas de son prédécesseur et il se forme ainsi un profond sillon dont on a peine à sortir. C'est alors que les bienfaits d'une intervention étrangère, toute pacifique d'ailleurs, peuvent se faire sentir. C'est ce qui a eu lieu pour les Alpes orientales notamment, et c'est le Congrès de Vienne qui a produit le choc des idées d'où a jailli la lumière. Certes, il peut

(1) P. Termier, BULL. SOC. GÉOLOG. DE FRANCE (4e série), t. V, 1905, pp. 209-289, 2 pl.

sembler inadmissible pour les géologues du terroir que des étrangers, infiniment moins familiarisés qu'eux avec la structure de leur pays, prétendent la connaître et l'expliquer mieux qu'eux, et je comprends qu'ils rechignent à adopter des théories nouvelles, mais il suffit que ces théories arrivent à point et qu'elles soient fondées pour qu'elles fassent leur chemin.

La constitution stratigraphique de la région étudiée par M. Termier n'est pas trop chargée et elle avait été soigneusement travaillée non seulement par les géologues autrichiens, mais encore par des étrangers. Elle comprend d'abord une puissante série de roches mésozoïques ou néozoïques d'âge précis indéterminé, mais certainement équivalentes des *Schistes lustrés* des Alpes occidentales. Puis vient du trias très puissant, représenté surtout par des calcaires-marbres et des dolomies, puis du terrain carbonifère peu développé, constitué par des phyllades, et enfin, à la base, vraisemblablement, de l'archéen assez complexe. Mais dans les Alpes orientales, ces quelques terrains s'enchevêtraient de telle façon que, pour expliquer la tectonique de la région, les géologues avaient été conduits à admettre des allures et spécialement des plissements absolument invraisemblables. C'est dans ce chaos que M. Termier a essayé de faire la lumière en appliquant aux Alpes orientales les grandes idées qui ont renouvelé nos connaissances sur les Alpes de l'ouest. On sait que M. Termier est un des maîtres qui, parmi un petit groupe de géologues français et suisses, s'attachent depuis peu d'années à élucider la structure si compliquée de nos grands massifs montagneux du centre de l'Europe, en s'inspirant de la notion si féconde des grands charriages.

Cette notion, qui a fait ses preuves en France et en Suisse, s'est montrée non moins apte à résoudre les grands problèmes qui se posaient dans les Alpes du Tyrol. Dans cinq notes présentées à l'Académie des sciences, M. Termier a déjà fait connaître les premiers résultats de ses recherches. Ce sont ces résultats qu'il synthétise aujourd'hui dans un vaste travail accompagné de tous les documents graphiques, cartes, coupes, qui permettent d'en saisir la portée et montrent le chemin parcouru dans la voie de l'interprétation de la tectonique de la région. Il nous serait impossible de résumer un semblable travail, bourré de faits et de renseignements. Nous risquerions d'en donner une idée aussi fausse que celle que l'on prendrait d'une forêt où le bûcheron n'aurait plus laissé subsister que quelques arbres rabougris. Nous nous contenterons de suivre l'auteur dans les conclusions

où il a, en quelques lignes, consigné lui-même les principaux résultats de ses études.

1° Au nord de l'axe des Hohe Tauern, les Alpes du Tyrol sont formées de nappes empilées les unes sur les autres, nappes qui ont été plissées ou ondulées après leur empilement.

2° Les schistes lustrés de la Basse-Engadine affleurent dans un paquet de nappes.

3° Les Alpes calcaires, au nord de l'Inn, sont des témoins des nappes supérieures.

4° Au sud de l'axe des Hohe Tauern, s'étend une zone de plis verticaux ou quasi verticaux où se trouvent en place les racines des plis couchés au nord et transformés en nappes.

Ce sont là des résultats que l'auteur considère, avec raison, comme acquis et indubitables. Il ajoute alors des considérations, que lui-même signale comme encore hypothétiques, concernant la structure de la région qui avoisine un gigantesque accident stratigraphique que l'on a appelé la faille alpino-dinarique, et qui borde vers le sud la région dont il a fait l'objet de cette étude. Cette faille, que l'on peut suivre sur des centaines de kilomètres, sépare la région étudiée d'une région totalement différente à tous égards, le massif des Dinarides. M. Termier émet l'hypothèse que cette faille alpino-dinarique n'est elle-même qu'une gigantesque surface de charriage suivant laquelle le massif des Dinarides aurait été poussé vers le sud en passant par dessus les Alpes. Cette hypothèse géniale sortira du domaine spéculatif, comme le dit l'auteur, le jour où l'on aura trouvé, en pays alpin, des lambeaux du massif des Dinarides ou bien quand on aura vu les Alpes s'enfoncer en pente faible et régulière sous les Dinarides.

J'ai depuis longtemps dépassé les bornes d'un compte rendu sommaire; mais je ne voudrais pas abandonner ce travail magistral sans signaler comment l'auteur trouve, dans une objection capitale qu'on aurait pu faire à sa thèse du charriage, une confirmation éclatante de celle-ci.

Je veux parler de ce fait que, dans une partie de la région étudiée, les plis se déversent vers le sud, c'est-à-dire en sens inverse de celui du mouvement de charriage. M. Termier montre avec raison que ce déversement, vers le sud, des plis se transforme graduellement, latéralement vers l'est et vers l'ouest en un déversement normal vers le nord. Ce fait serait uniquement dû à une décompression locale ayant produit ce renversement momentané des plis. Comme le même renversement local se

retrouve dans la faille alpino-dinarique, on s'expliquerait très bien les choses en admettant que cette faille est elle-même une surface de charriage et que la décompression locale est postérieure aux phénomènes de charriage.

Observations paléontologiques sur le mode de formation du terrain houiller belge (1). — La vieille question de la formation de la houille, toujours palpitante, suscite de nos jours quantité de travaux où l'on ne se contente plus de vagues observations et d'affirmations plus ou moins spéculatives, mais où l'on étudie à fond l'une ou l'autre partie de ce vaste problème. Seuls ces travaux feront progresser la question, et c'est dans cette catégorie que peut se ranger le beau travail de M. Renier.

Il commence par étudier avec soin les caractères des roches si importantes qui avoisinent les couches de houille et que les mineurs appellent toit et mur. Il montre que la distinction de ces deux roches repose non pas sur des caractères lithologiques, mais sur des caractères paléontologiques qu'il détaille ensuite longuement et soigneusement. De faits qu'il signale, il croit pouvoir conclure que le seul caractère qui distingue ces deux roches, c'est l'absence ou la présence des empreintes de mur ou stigmaria.

Il examine ensuite la signification génétique des stigmaria qui existent dans les mines. Pour lui, les caractères déjà signalés dans ces végétaux comme aussi des faits nouveaux qu'il signale lui paraissent mettre hors de doute que le mur représente un sol de végétation. Il développe entre autres longuement la question du taraudage des végétaux du toit par des radicelles de stigmaria.

Il aborde ensuite la question des troncs-debout que l'on rencontre dans le toit des couches. Il expose des cas nouveaux qu'il a eu l'occasion d'observer personnellement, et conclut des faits qu'il signale que les troncs observés par lui étaient en place.

Passant ensuite en revue toutes les descriptions de troncs rencontrés jusque maintenant par d'autres auteurs dans le bassin houiller franco-belge, il conclut de l'étude critique qu'il fait de toutes ces descriptions qu'il ne lui semble pas admissible qu'aucun tronc ait été charrié.

Inutile de dire que de tout cela l'auteur conclut que la houille est une formation sur place, et il développe dans le dernier

(1) A. Renier : Ann. soc. géolog. de Belgique, t. XXXII, mém., pp. 291-314, 1 pl., 1906.

chapitre de son travail le mode de formation sur place qui lui semble le mieux conciliable avec les résultats de ses études paléontologiques.

X. STAINIER.

HYGIÈNE

S'il est une science qui progresse de jour en jour et qui rend à l'humanité des services inestimables, c'est bien l'*Hygiène*, depuis qu'elle se fonde sur les révélations des sciences physiques et naturelles. Hier encore, les disciples du grand Pasteur signalaient, en France, les résultats inespérés obtenus par l'hygiène prophylactique des nourrissons, au point de vue de la mortalité causée par l'*entérite* et la *bronchite* dans certaines villes.

Cette mortalité, souvent excessive, est due surtout à l'une ou à l'autre des trois tares héréditaires auxquelles bien peu d'enfants échappent aujourd'hui : la tuberculose, l'arthritisme ou la syphilis, qui affaiblissent l'organisme humain et créent un terrain favorable à l'évolution du microbe homicide.

La lutte contre la tuberculose est entreprise aujourd'hui avec une ardeur et une intelligence remarquables, dans tous les grands centres où l'on se préoccupe surtout de prévenir le mal, en *améliorant le terrain* par une alimentation et une habitation plus rationnelles. La malpropreté, la misère, l'intempérance et l'ignorance des parents contribuent, pour la plus large part, à favoriser les ravages de ces trois minotaures. C'est pourquoi les *Sociétés protectrices de l'enfance* ont ouvert partout des bureaux ou des asiles où l'on distribue du lait pur *aseptique*, des vêtements, et où les médecins donnent gratuitement aux mères des conseils pour l'alimentation et l'hygiène des nourrissons et de la maison.

Le 7 janvier dernier, nous assistions à Nice à la séance inaugurale d'une œuvre nouvelle mutualiste d'assistance maternelle. Les renseignements les plus suggestifs y ont été fournis par plusieurs médecins de la Riviera sur les ravages causés par les maladies infantiles dans les diverses régions de la France, sur les causes qui les déterminent et sur les résultats inespérés déjà obtenus par le concours de la charité et de la science.

" Sur 1000 enfants de moins d'un an qui meurent à Nice, dit le Dr Balestre, plus de 200 succombent à la gastro-entérite, près de 300 sont emportés par les maladies des voies respiratoires. Les maladies contagieuses, notamment la tuberculose, causent le troisième quart des décès. "

La direction méthodique de la nourriture et du sevrage permet d'arracher à la mort la plupart des enfants enlevés par la diarrhée parce que leur régime est livré au hasard. " La consultation des nourrissons, c'est la *véritable école des mères*, qui y apprennent les règles présidant à l'élevage rationnel de ces petits êtres et les moyens de se préserver activement de la plupart des maladies contagieuses. "

M. le Dr Balestre affirme que, sur 6462 enfants de moins d'un an qui sont morts à Nice en dix-huit ans, *4800* auraient pu être sauvés. " C'est la population d'une petite ville perdue par notre faute. "

L'expérience a prononcé déjà, en effet, sur la valeur de ces consultations de nourrissons.

A St-Pol-sur-Mer (1), la mortalité infantile était effroyable. *Depuis deux ou trois ans, cette mortalité a diminué de près de la moitié.* Dans la clinique du Dr Maygrier, à Paris, en cinq ans, *on n'a pas eu un seul décès par gastro-entérite et il meurt 40 enfants sur mille au lieu de 140.* Et à Nice, les enfants secourus par la *Société protectrice* meurent dans une proportion *moitié moindre* que l'ensemble de la population infantile.

Voilà certes des constatations bien faites pour encourager l'initiative de toutes les personnes charitables dont les aumônes s'égarent trop souvent en pure perte, parce qu'elles sont distribuées sans discernement.

L'intensité du mal, comme le fait observer fort bien le Dr Balestre, dépend de notre inattention et de notre ignorance

(1) St-Pol-sur-Mer, faubourg de Dunkerke. L'établissement fondé en 1887 par M. G. Van Kauwenberghe pour traiter les enfants atteints de tuberculose osseuse ou ganglionnaire, comme à Middelkerke, vient d'être transféré à Zuylcoote, au milieu des dunes voisines de La Panne, avec tous les perfectionnements scientifiques applicables aux divers services sur une surface de 100 hectares. Le bâtiment principal se développe sur un front de 420 mètres et est divisé en dix grandes salles donnant sur la mer, communiquant par des galeries vitrées avec de superbes dortoirs, gymnases, bains, douches, salles de récréations couvertes, pavillons d'isolement pour les enfants en observation ou atteints de maladies contagieuses, etc., etc., chauffage à la vapeur, éclairage électrique, etc., etc.

des merveilleux progrès réalisés par la science moderne : *Le quartier de Nice où il meurt le plus d'enfants est précisément celui où on consomme le plus d'alcool.*

La question des *logements sains et à bon marché* a fait aussi l'objet de nombreuses enquêtes, qui prouvent que le *manque d'air et de lumière* contribue, pour une large part, au développement de la tuberculose, même dans les pays chauds et abrités contre les vents du nord comme la Riviera.

Dans nos précédentes chroniques nous avons suffisamment appelé l'attention de nos lecteurs sur la question de l'insalubrité des logements pour nous dispenser d'y revenir.

Cette question fait en ce moment l'objet de nombreuses et savantes enquêtes à Paris, comme dans le midi de la France, où la malpropreté légendaire des gens du peuple contribue pour une si large part au développement de la mortalité. Si cette mortalité n'est pas plus considérable, il faut en rechercher la cause dans la *sobriété* des habitants, qui absorbent beaucoup moins d'alcool et qui mangent beaucoup moins que dans nos pays du Nord.

On ne saurait assez répéter que *nous mangeons et buvons beaucoup trop* et que cette intempérance, dont on invoque pour excuse la rigueur du climat, est une des causes principales de la mortalité, de la criminalité et de la dégénérescence de la race.

L'alcoolisme, qui sévit chez nous d'une façon si cruelle, favorise singulièrement, on le sait aujourd'hui, la propagation des maladies contagieuses et l'éclosion de bon nombre de maladies organiques qui abrègent l'existence.

C'est par antiphrase, sans doute, que l'alcool a été baptisé du nom d'*eau-de-vie* par nos ancêtres.

Mais ce que l'on ignore généralement, c'est que l'alimentation surazotée, l'*abus de la viande*, contribue aussi pour une large part à développer ou à faire naître une altération spéciale des tissus, particulièrement des artères, que l'on appelle l'*arthritisme* et qui, en deux ou trois générations, atteint profondément la constitution de la race.

La machine humaine, constamment surchargée des résidus d'une alimentation intensive et mal pondérée, intoxiquée par des *toxines* qui empoisonnent le sang et réagissent sur le cerveau, obéit à des impulsions redoutables, d'autant plus que le besoin d'excitants comme les boissons fermentées, se fait de plus en plus sentir. *La viande appelle le vin* et, sous l'empire de ces deux stimulants passionnels, *la bête humaine* prend aisément le dessus.

C'est ce que les anciens philosophes et législateurs avaient parfaitement compris, sans connaître le *pourquoi*, comme les savants qui nous l'enseignent aujourd'hui (1). Il est vraiment curieux de voir, au xxe siècle, la science rationaliste en revenir aux prescriptions de l'Église qui préconisait le jeûne et l'abstinence depuis 1800 ans, *comme une vertu nécessaire* pour gagner le ciel. Il n'y a pas bien longtemps que LES SAVANTS disciples d'Épicure se plaisaient à faire des gorges chaudes sur l'ignorance de ces moines et de ces religieuses qui se privaient volontairement de viande et de vins, considérés alors comme des dispensateurs précieux d'énergie physique et morale. Il suffit de relire bon nombre de *traités de médecine* et *d'hygiène de l'alimentation*, publiés il a trente ans à peine, pour être complètement édifié à cet égard (2).

Aujourd'hui, c'est une tout autre antienne. Depuis qu'une science plus sérieuse a rigoureusement démontré que la machine humaine est comparable, au point de vue organique, à une machine à feu qui n'a besoin que de matières hydrocarbonées pour produire de la chaleur et du mouvement, et que c'est une erreur de croire qu'il faut lui restituer beaucoup d'azote parce que ses tissus se décomposent rapidement, les augures de la science positiviste non seulement en reviennent aux prescriptions de l'Église, mais exhument toutes les citations classiques de Bouddha, de Confucius, de Pythagore, de Platon, etc., pour démontrer que la morale scientifique doit reposer dorénavant sur l'*hygiène de l'alimentation*, voire même sur le *végétarisme exclusif*.

Il est certain qu'une alimentation végétale bien comprise peut suffire à l'homme, surtout dans les climats chauds, comme en Asie où nous voyons des ouvriers indiens ou malais fournir un travail considérable parfois en ne mangeant que du riz et en ne buvant que de l'eau (3).

(1) Les pensées et les actions des hommes, disait Platon, sont intimement liées aux besoins et aux désirs de la boisson, de la nourriture et de l'amour sexuel : selon l'usage qu'ils en font, *il en résulte pour eux la vertu ou le vice*. Les esclaves du ventre, dit Salluste, doivent être comptés au nombre des morts ou *des animaux inférieurs*.

(2) Notamment le traité d'hygiène de M. H. Georges, de Paris, qui va jusqu'à prétendre que les races de nègres anthropophages sont plus énergiques et plus intelligentes que les peuplades végétariennes.

(3) Voir les récentes publications de M. Armand Gauthier, Dr Landouzy, Brouardel, etc.

Il est incontestable qu'à ce régime on évite à coup sûr une foule de maladies ou d'infirmités qui abrègent ou qui empoisonnent l'existence et que le problème de la vie à bon marché est résolu par le fait, puisqu'on peut très bien se nourrir pour moins de 60 centimes par jour avec des légumes et des fruits et qu'on a calculé que le prix de la calorie peut descendre jusqu'à un centime dans les hydrates de carbone comme le sucre, tandis qu'il s'élève à 50 ou 60 centimes dans la viande.

Mais ces savants théoriciens et expérimentateurs n'oublient-ils pas trop souvent de tenir compte des *coefficients de digestibilité* qui varient parfois singulièrement suivant les individus, les tempéraments, l'âge et les troubles fonctionnels qui affectent certaines périodes de la vie ?

Il est très utile d'établir des tables de richesse comparée des aliments en albumine, en graisse, en hydrates de carbone et en matières minérales. Mais ces tableaux ne sont-ils pas de nature à induire singulièrement en erreur les individus affectés de ce qu'on appelait jadis des *idiosyncrasies* diverses ?

Combien de gens, par exemple, ne parviendront jamais à digérer des champignons ou des fèves, plus riches que la viande en matières azotées, des fruits plus riches en matières minérales ou hydrocarbonées, des olives ou du maïs plus riches en matières grasses ?

Nous avons pu constater pour notre part qu'en l'occurrence ce n'est pas toujours la foi qui sauve, car nous avons assisté à plusieurs déconvenues cruelles chez des néophytes ardents de la foi nouvelle, forcés d'en revenir rapidement aux errements de leurs ancêtres. Ne serait-ce pas le cas de répéter une fois de plus : *In medio virtus* ? Mais en tout cas, il importe de s'inspirer le plus possible des découvertes de la science de l'alimentation, non seulement dans les ménages, mais *dans les écoles*, où elles sont trop souvent méconnues et où bien des enfants ont puisé le germe de maladies de l'appareil digestif ou du système nerveux, qu'une connaissance sérieuse des principes de la chimie alimentaire et de l'hygiène de la digestion aurait pu conjurer ou prévenir aisément. C'est ainsi que M. le Dr Landouzy démontrait récemment que l'ouvrier parisien se nourrit mal parce qu'il boit trop et mange trop peu ; ce qui est rarement le cas chez nous où, nous le répétons, le plus souvent on boit et mange trop et surtout l'on boit trop d'alcool, dans toutes les classes de la société.

Beaucoup de personnes, par exemple, appartenant aux classes

riches, aisées, ne se doutent pas qu'elles s'alcoolisent *au même titre* que les vulgaires consommateurs d'alcool en *buvant du vin*, surtout entre les repas. Et comme, plus on mange de viande, plus on est tenté généralement de boire du vin ou d'autres stimulants nervins, on crée, sans le savoir, un véritable cercle vicieux qui aboutit invariablement à l'*arthritisme* et à ses multiples accidents. L'usage du tabac contribue également, en activant la sécrétion des glandes salivaires et en irritant les muqueuses du tube digestif, à *provoquer la soif*.

Les végétariens constatent que la soif diminue ainsi que l'excitation du cerveau à mesure qu'on se prive davantage de viande, d'alcool et de tabac. C'est là un fait incontestable et sur lequel on ne saurait assez appeler l'attention de nos compatriotes.

Il ne suffit pas de demander à Dieu, en bon chrétien, la grâce *de ne pas nous induire en tentation :* il faut avoir le courage de ne pas s'y induire soi-même. Et aujourd'hui que la science nous permet de voir clair dans ces ressorts cachés de l'organisme dont le mystère était encore impénétrable pour nos parents, il serait vraiment impardonnable de ne pas tenir compte de ses révélations. L'abus des viandes et du vin, indépendamment des troubles fonctionnels, crée un véritable état d'*aliénation mentale*, dont les parents et les éducateurs de la jeunesse n'ont pas appris suffisamment à se défier jusqu'ici. Le vin devrait être proscrit dans une éducation rationnelle au même titre que ces dîners plantureux, ces banquets pantagruéliques, dont on abuse singulièrement dans les pays du nord et qui déterminent fatalement la dilatation de l'estomac avec ses exigences tyranniques toujours croissantes et souvent mortelles à l'âge mûr.

Tous les éleveurs et sportsmen savent très bien à quoi ils s'exposent en donnant trop d'avoine à un cheval, surtout quand il ne se fatigue pas assez. Mais les parents et les maîtres les plus lettrés ignorent malheureusement encore dans bien des pays le danger d'une alimentation ou d'un régime qui présente exactement les mêmes inconvénients parce qu'il excite et empoisonne la *bête humaine*. Leur aveuglement est comparable à celui de ceux qui, dans le domaine intellectuel, stimulent et pervertissent l'imagination de la jeunesse par des tableaux et des lectures licencieuses, sous prétexte de les initier aux merveilles de l'art et de la littérature contemporaine.

Comme le dit fort bien le Dr Landouzy, tandis que le paysan sait parfaitement comment il doit nourrir son cheval et sa vache,

la plupart des éducateurs ignorent encore les principes de l'alimentation rationnelle de nos enfants parce qu'ils n'ont pas été initiés aux découvertes de la science moderne. Il serait grand temps de consacrer à ces études nécessaires quelques heures de plus dans les programmes de nos écoles normales, où l'on a inscrit tant de branches, fort secondaires en regard de ces connaissances d'un intérêt primordial pour l'humanité.

Les instituteurs français ont raison de se plaindre de la surcharge ridicule de ces programmes, mais il est permis de se demander si, en Belgique, nous n'avons pas versé jusqu'ici dans les mêmes errements (1).

La tonicité musculaire et l'influx nerveux se perdent d'autant plus rapidement que l'excitation artificielle des fibres et des cellules a été plus vive et plus prolongée. Aussi voit-on survenir de bonne heure, chez les gros mangeurs et les alcoolisés, des troubles gastro-intestinaux caractérisés par des fermentations anormales des aliments. C'est surtout le gros intestin qui semble pâtir le plus de cet état contre nature ; son irritation continue produit des catarrhes chroniques du colon descendant, quand il n'engendre pas l'*appendicite,* cette épée de Damoclès de l'âge mûr, inconnue des générations pour lesquelles la viande et le vin étaient des aliments de luxe.

Voilà pourquoi ces maladies soi-disant nouvelles se manifestent aujourd'hui avec une fréquence dont on ignorait la cause avant les révélations de la chimie biologique et de l'anatomie comparée. L'examen de notre appareil intestinal, particulièrement du gros intestin, démontre en effet qu'il est mieux adapté à la digestion des végétaux qu'à celle de la viande, qui ne subit guère, dans l'appareil digestif des véritables carnivores, les fermentations anormales observées chez l'homme et entraînant la tympanisation et le catarrhe.

Les disciples de Pasteur ont cru trouver dans le lait caillé un remède efficace contre ces fermentations morbides parce que l'acide lactique serait microbicide, particulièrement dans la préparation appelée *lait de Bulgarie,* qui contient, paraît-il, un ferment spécial. Nous doutons fort que ce produit puisse remédier au mal, car il ne suffit pas d'entraver l'évolution des bactéries pathogènes, il faut remonter à la cause, et l'on ne peut régénérer chez les arthritiques impénitents les glandes alté-

(1) Voir la *Réforme des humanités,* par A. Proost, Édit. Schepens, 1896.

rées ou détruites et le système nerveux épuisé par les excès. Néanmoins le lait caillé constitue, pour les arthritiques et les dispeptiques qui le supportent, un médicament précieux et à la portée de tous. A ce propos, faisons remarquer que bon nombre de ces malades ne supportent pas le régime lacté tant vanté par les médecins qui le prescrivent souvent en parfaite ignorance de cause.

En effet, si le lait constitue un aliment complet et léger chez les enfants dont le foie et le pancréas sont sains et qui digèrent par conséquent les matières grasses en suspension dans ce liquide, il n'en est pas de même chez les vieillards et chez tous les arthritiques atteints de dégénérescence de ces organes. L'école d'Hippocrate avait déjà parfaitement observé le fait sans l'expliquer, quand elle formulait cet aphorisme oublié par les Esculapes modernes qui prescrivent la diète lactée partout où ils découvrent de l'inflammation ou de l'irritation chronique : *Le vin est le lait des vieillards.*

En d'autres termes, il est nécessaire, dans certains cas, d'user de stimulants et d'excitants pour remédier à l'atonie des organes, cause première de l'irritation ou d'autres troubles fonctionnels ; mais, par malheur, le sujet finit presque toujours par forcer la dose parce que les organes s'émoussent et réagissent de moins en moins à mesure qu'on les excite davantage. Conclusion : la sobriété seule peut empêcher l'homme d'aboutir à un certain âge à *ce cercle vicieux*, cause de mort prématurée.

Mais la sobriété est *une habitude* qu'il devient fort difficile d'acquérir dans l'âge mûr quand la volonté s'affaiblit avec les autres facultés. C'est pourquoi tant de vieillards succombent victimes de leur impuissance à suivre le régime que la raison leur prescrit. Et le plus souvent leur vieillesse et leurs infirmités sont aussi prématurées que leur décès. *Tout est habitude dans la vie,* la vertu comme le vice, et la sobriété ne coûte guère à ceux qui ont exercé leur volonté de bonne heure et qui n'ont pas été élevés par des parents ou des maîtres inconscients des lois de la nature.

Nous avons vu obtenir des résultats inespérés par l'usage du lait *écrémé* chez les arthritiques, les convalescents et les vieillards qui ne supportaient ni le lait pur ni le lait caillé. Il convient d'appeler l'attention des mères de famille et des gardes-malades sur cet aliment liquide qui contient tous les principes du laitage à l'exclusion de la graisse et qui se trouve partout, aujourd'hui que les sociétés coopératives agricoles emploient

couramment les écrémeuses centrifuges. Il constitue, en été surtout, une boisson économique des plus rafraîchissantes et nullement indigeste, remplaçant avantageusement la bière et le vin ou *les mélanges d'eau, d'essence et d'alcools divers comme l'absinthe.*

L'**alcoolisme** constitue, on l'a démontré et répété à satiété, un des principaux facteurs de la tuberculose, ce qui n'empêche qu'il continue à sévir de plus belle dans toutes les classes de la société, et surtout dans les milieux populaires où l'hygiène morale, c'est-à-dire *la religion*, fait défaut.

L'expérience prouve, en effet, que les meilleurs conseils et les conférences les plus suggestives sont inopérants dans les centres industriels travaillés par le socialisme. La progression véritablement effrayante de la criminalité dans nos grandes villes sous l'empire du délire alcoolique devrait, semble-t-il, ouvrir les yeux à nos législateurs et à nos politiciens athées. Les désespérés de la vie deviennent de plus en plus nombreux dans les sociétés où sévit le *struggle for life* sans pitié et sans espérance dans une vie meilleure ; et il n'est plus guère de jour où la presse quotidienne n'enregistre quelque drame horrible, odieux attentats, massacres féroces d'enfants ou de vieillards inoffensifs, agressions en pleine ville et en plein jour par ces bandes organisées d'*apaches* dont on semble encourager les exploits en les relâchant toujours.

N'est-ce pas là le retour à la barbarie prédit par tous les penseurs que n'aveugle pas l'esprit sectaire antireligieux, et qui faisait dire à Voltaire lui-même, dans un accès de sincérité : *Si Dieu n'existait pas, il faudrait l'inventer ?* Quoi qu'en disent nos docteurs positivistes qui ne voient pas au delà de l'horizon de la matière, l'*hygiène de l'âme* est plus nécessaire encore que l'hygiène physique sur laquelle ils prétendent reconstruire l'édifice de la morale. Parce que, comme l'a fort bien fait observer Herbert Spencer, l'homme se détermine beaucoup plus par des sentiments que par des motifs rationnels.

Nul n'admire plus que nous les merveilleuses découvertes de la science de la vie. Nous croyons l'avoir prouvé en insistant sur la nécessité pour tous ceux qui ont charge d'âme de s'initier aux révélations de la biologie, qui permettent, non seulement de prévenir et de porter remède aux misères physiques de l'humanité, mais, en triomphant des tares héréditaires ou acquises, de rétablir souvent l'équilibre rompu entre les facultés organiques et psychiques.

En terminant, nous croyons devoir appeler l'attention de nos lecteurs sur les nouveaux travaux des bactériologistes et des médecins qui s'efforcent de trouver le sérum des maladies contagieuses, comme la tuberculose, et sur les progrès inespérés de l'électrothérapie.

Nous avons visité à Gênes la clinique du professeur Maragliano qui ne fait pas mystère du résultat de ses expériences, comme d'autres savants bien connus. En attendant que M. le professeur Behring ait découvert un vaccin qui permette de prévenir la tuberculose humaine, comme il a réussi à prévenir la tuberculose bovine (1), M. Maragliano *vise surtout à mettre en état de défense l'organisme menacé par la tuberculose* en secondant la *vis medicatrix* de la nature. En distinguant les ravages causés par les bacilles et les toxines qu'ils sécrètent, il a été amené à produire d'abord une *antitoxine* neutralisant les effets du poison tuberculeux des microbes et à découvrir un produit qui tue les bacilles eux-mêmes et qu'il a appelé *bactériolysine*.

Les médecins de nos diverses écoles peuvent ergoter tant qu'ils voudront sur la valeur de *sa théorie ;* il n'en est pas moins vrai que les résultats obtenus dans cet hôpital sont indéniables et que des malades dont la situation paraissait désespérée en sont sortis complètement guéris en apparence.

M. Maragliano déclare lui-même qu'il ne se targue point de guérir les malades dont les poumons sont en pleine décomposition, mais il affirme qu'on peut empêcher les *tuberculeux* de devenir *phtisiques*, et qu'on peut empêcher l'*homme* de devenir *tuberculeux*.

Voilà de l'hygiène préventive bien comprise et dont feront bien de s'inspirer surtout tous les disgraciés de la nature, affligés de tares héréditaires ou de dégénérescences résultant de leurs imprudences ou de leurs excès.

Les résultats obtenus récemment à l'Hôtel-Dieu, à Paris, par l'application des courants électriques de *haute fréquence* ne sont pas moins surprenants que ceux que l'on obtient par les sérums et les antitoxines dans la prophylaxie des maladies contagieuses.

Ces courants à alternances répétées (jusque 250 000 par seconde et plus), étudiés par M. d'Arsonval, sont particulièrement efficaces dans les affections produites par le *ralentissement de la nutri-*

(1) Le *bovovaccin* de Behring permet déjà de conjurer la contamination par le lait tuberculeux qui inocule aux enfants en bas âge les germes de mort. Les récentes expériences de Melun ont confirmé sa découverte d'une façon éclatante.

tion (1) comme le diabète, la goutte, l'ARTHRITISME. *Ils modifient l'hypertension artérielle qui est la cause de l'artério-sclérose.* Le patient placé dans la cage d'Arsonval (Solénoïde), électrisé par induction de ses courants à grande tension, sent la pression artérielle baisser rapidement en quelques minutes et éprouve un bien-être extraordinaire qui persiste après quelques séances ; de sorte que l'on voit des arthritiques, considérés comme incurables parce que leur mal était rebelle à tout autre traitement, recouvrer la santé, à condition d'éviter soigneusement tout excès de table.

M. le Dr Moutier a même obtenu, par la méthode d'Arsonval, l'expulsion de calculs et de sable chez les malades atteints de gravelle, et calmé presqu'instantanément des coliques néphrétiques et hépatiques ou des crises neurasthéniques. Ce n'est certes pas une hyperbole que d'affirmer que ces résultats tiennent véritablement du merveilleux. L'homme devient le maître de sa machine, car il active à volonté la combustion interstitielle et remonte ou abaisse à son gré la tension des artères.

A. PROOST.

BOTANIQUE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

—

A propos de Quinquina. — Dans le fascicule d'octobre 1905 de cette REVUE, le R. P. Bosmans, S. J., a résumé un intéressant article du R. P. J. Rompel sur l'*Histoire du quinquina*. Cette notice nous a suggéré l'idée de présenter aux lecteurs de la REVUE un rapide aperçu des efforts tentés par différents gouvernements de l'Amérique pour introduire chez eux la culture rationnelle d'une plante aussi utile.

La culture des arbres à quinquina, représentants du genre *Cinchona* de la famille des Rubiacées, a été essayée un peu partout ; mais elle n'a guère été couronnée de succès que dans les Indes anglaises et dans les Indes néerlandaises, où l'on y a d'ailleurs consacré des sommes considérables et mis à profit la science et l'expérience de leurs meilleurs agronomes et chimistes :

(1) Voir l'*Année scientifique et agricole 1886*, par A. Proost, édit. Schepens, Bruxelles.

leurs efforts ont abouti à faire de cette plante, à Java, une culture modèle. Dans l'Amérique du Nord, la culture des plantes à quinine a été tentée plusieurs fois ; on l'a essayée en Californie, en Géorgie, en Floride, toujours sans succès ; récemment encore, en 1902, on a fait des plantations expérimentales, et leur résultat, très peu encourageant, doit plutôt faire considérer ce groupe de plantes comme non cultivables dans l'Amérique du Nord, dont les conditions physiques et météorologiques semblent d'ailleurs défavorables aux *Cinchona*.

Au Mexique, pendant le passage de l'empereur Maximilien à la direction des affaires, on installa, en 1866, dans les environs de Cordoba, à une altitude de 92 mètres et sous une température de 22° C., des quinquinas qui végétèrent au début ; leur développement fut même suffisant pour permettre un envoi d'écorce à l'Exposition universelle de Philadelphie, en 1876. En 1891, on estimait encore la surface plantée de *Cinchona* à 200 acres, et le nombre de pieds à 40 000 ; mais, depuis, les plantations paraissent avoir été complètement abandonnées et des renseignements récents, fournis par le consul hollandais à Mexico, on peut déduire que cette culture est perdue. Au Guatemala, les premiers essais datent de 1880. En 1891, il y avait, d'après certaines estimations, 2 000 000 de pieds dans les diverses plantations. Actuellement ce petit pays est encore un de ceux de l'Amérique qui jettent sur les marchés européens un peu d'écorce de quinquina ; c'est à Londres surtout et à Hambourg que sont présentés les produits de cette origine.

Les *Cinchona* se rencontrent à l'état indigène au Venezuela, mais on ne s'occupe pas de leur culture ; il semble même que l'exploitation ne s'y fasse plus, car ce produit, qui jadis figurait sur la liste des exportations, en a totalement disparu.

Le Venezuela et Costa-Rica avaient envoyé à l'Exposition de Saint-Louis des échantillons d'écorce ; malheureusement on ne possède sur l'exploitation de ce produit, probablement active pendant un certain temps, que des renseignements très vagues. M. le Dr Preuss a estimé, en 1899, l'exportation du Venezuela à 6 400 kilos d'écorce de quinquina, qui auraient été fournis à l'Allemagne. Cette exportation proviendrait des *Cinchona Tucuyensis* et *C. cordifolia* ou *rotundifolia*, deux plantes de beaucoup moindre valeur que celles cultivées dans les Indes néerlandaises. Les écorces de provenance américaine ne renferment, en effet, que 6 à 7 % de quinine, alors que celles des cultures javanaises en renferment en moyenne 13 à 20 %.

En Colombie, le commerce du quinquina, qui y est indigène, après avoir été plus ou moins florissant, a perdu son importance en dépit des efforts du gouvernement pour l'encourager. Le gouvernement a même décidé d'accorder une prime de 1000 dollars pour toute plantation de 10 000 arbres de *C. succirubra, ledgeriana, lancifolia, pitayensis*, mais cet appât n'a point fait progresser la culture. Il semble exister dans la région trois grandes plantations dont deux seraient encore en exploitation régulière et posséderaient ensemble environ 500 000 arbres, donnant une écorce de très belle qualité ; la troisième plantation a été abandonnée par suite de la baisse des prix.

Dans l'Orénoque, le Guayana, le Jurua on rencontre également des *Cinchona*, mais leurs écorces n'arrivent guère sur les marchés ; pauvres en quinine, elles sont d'ailleurs très peu estimées.

Le Pérou, le pays d'origine de l'écorce de quinquina, ne compte plus guère dans ce commerce. En 1900, la quantité de quinquina exportée se chiffrait par 31 500 kilos, et il n'est pas question d'exportation de quinine. Il en est de même pour l'Équateur, qui depuis quelques années n'exporte presque plus de quinquina.

Au Brésil, les essais de culture ont été renouvelés fréquemment. En 1868, Glaziou en installa à Thérésopolis ; en 1891, il y avait dans cette région de belles plantations, mais l'écorce que l'on en obtenait ne renfermait que 1,92 °/o de quinine. Grâce à l'appui du gouvernement, il existait en 1897-1898, 500 000 arbres de *C. ledgeriana* et 20 000 pieds environ d'hybrides, en pleine terre. Dans les autres régions brésiliennes, cette culture n'a guère été couronnée de succès plus brillants; aussi exporte-t-on peu ou point de quinquina de cette origine. Il est curieux de constater que ce pays, riche en essences à quinine, reçoit d'Europe l'écorce de quinquina et la quinine qu'y emploie la médecine.

C'est la Bolivie qui a, dans l'Amérique du Sud, le plus d'importance pour la culture des *Cinchona*. Les premiers essais remontent à 1870 et sont dus à l'influence de Ledger qui préconisa ce genre de culture. En 1878, des Allemands en installèrent dans les environs de La Paz, et, en 1880, on comptait sur les montagnes de Mapiri environ 500 000 jeunes plantes ; trois ans plus tard on estimait leur nombre à 6 500 000 environ, mais dans ce nombre, il y aurait eu des plantes de valeur très différente. L'exportation de quinquina atteignit, en 1902, 398 750 kilos.

Parmi les îles américaines, la Jamaïque a eu jadis une certaine importance, mais elle a bien diminué. Ce fut en 1860 que l'on tenta les premiers essais, et c'est en 1878 que la première

yellow bark de cette provenance fut vendue à Londres où la qualité du produit fut reconnue bonne. En 1890, plus de 1100 hectares étaient dévolus à cette culture, et le gouvernement avait créé neuf jardins d'essais occupant 58 hectares. On a même tenté, comme stimulant, d'installer une fabrique de quinine, mais sans succès.

A la même époque, on fit des essais analogues à Trinidad, sans résultat encourageant; actuellement Trinidad ne produit plus de quinquina, et réserve ses terrains pour le cacao et d'autres fruits. A la Martinique et la Guadeloupe, les essais ont été aussi abandonnés.

Les quinquinas de l'Amérique du Sud n'ont donc sur le marché qu'une bien faible importance. D'après des statistiques, assez vieilles, malheureusement — elles datent de 1901 — la production aurait été cette année-là de 775 000 livres anglaises, soit environ 4,5 °/₀ de la production mondiale.

De nos jours les Anglais et les Hollandais sont maîtres du commerce de la quinine. C'est vers 1851 que les quinquinas furent introduits à Java et dans les Indes anglaises. Le premier plant qui parvint à Java, en 1851, fut offert au gouvernement néerlandais par le Muséum de Paris. On le planta sur les flancs du célèbre volcan Gedeh ; il mourut en 1862, après avoir été multiplié par boutures. Ce premier succès amena naturellement les Hollandais à rechercher en Amérique d'autres espèces, et, par des soins appropriés, à constituer des variétés et des hybrides qui fournissent actuellement des rendements inespérés.

Nous n'avons rien dit de l'Afrique ; on n'y a obtenu, avec les *Cinchona*, que des résultats très incertains et il semble même peu probable que ce continent et les îles avoisinantes puissent jamais devenir des centres de production de quinquina. Nous ne ferons pas ici l'historique des essais tentés en Afrique ; il nous a paru plus intéressant d'insister sur les cultures américaines, pour mieux faire ressortir l'importance acquise par le quinquina en dehors de son pays d'origine devenu tributaire de l'étranger. C'est là un fait qui s'observe encore pour d'autres produits tropicaux, le café, par exemple, qui, originaire de l'Afrique, est actuellement produit surtout par le Brésil qui fournit même certaines régions de l'Afrique où il existe des caféiers indigènes.

Culture et industrie du coton aux États-Unis. — Dans un volume que vient de faire paraître à Paris (A. Challamel, éditeur, rue Jacob, 17) M. Fr. Bernard, chargé de missions par l'Asso-

ciation cotonnière coloniale française, nous trouvons, outre des renseignements très pratiques sur la culture du cotonnier telle qu'elle se pratique dans la région la plus productrice du monde, des indications très intéressantes sur l'état des industries annexes, qui, depuis quelques années, ont donné un nouvel essor à l'industrie principale. L'auteur insiste sur les résultats obtenus en Amérique par l'outillage mécanique qui a transformé complètement les conditions de cette culture intensive.

Après l'égrenage qui a séparé de la filasse qui l'entoure la graine proprement dite, une partie de celle-ci est conservée pour les ensemencements futurs, l'autre sert à l'extraction d'une huile qui, depuis ces dernières années, arrive de plus en plus abondante sur les marchés et entre même actuellement pour une grande proportion dans beaucoup d'huiles dites d'olives commerciales.

D'une tonne de graines de cotonnier, le planteur obtient :

Huile	138 kilos
Farine ou tourteau.	375 „
Bourre de coton	12 „
Pelure de graines	400 „
Déchets	75 „

Le tableau suivant montre le progrès de ces industries annexes.

ANNÉES	NOMBRE D'USINES	NOMBRE DE TONNES DE GRAINES	VALEUR DE LA GRAINE	VALEUR DES PRODUITS RETIRÉS DE LA GRAINE
			FR.	FR.
1870	26	80 000	3 200 000	7 500 000
1875	35	150 000	7 500 000	14 500 000
1880	45	280 000	14 000 000	24 500 000
1885	80	550 000	27 500 000	48 000 000
1890	119	1 000 000	60 000 000	119 000 000
1895	250	1 800 000	108 000 000	166 000 000
1900	400	1 900 000	119 000 000	175 000 000

On ne peut assez recommander la lecture de cet important ouvrage aux coloniaux qui désirent entreprendre la culture de ce textile. Certes il n'est pas complet, mais il renferme une foule de détails pratiques qui éviteront aux planteurs bien des tâtonnements. Souhaitons que M. F. Bernard, qui va continuer ses enquêtes cotonnières dans l'Afrique, en Algérie, en Tunisie, en Égypte, puisse parfaire son travail et nous donner, sur la matière, un traité complet.

Le thé de Formose. — La guerre russo japonaise a attiré l'attention sur cette région de l'Asie dont le commerce devient de jour en jour plus important. Un des produits de l'exportation de Formose est le thé, qu'on y cultive sur des espaces très étendus dans le nord de l'île. On récolte sur le penchant des collines et dans certaines vallées qui séparent les plateaux, des variétés de thé excellentes, telles que celle connue sous le nom commercial de " thé U-long ".

Les conditions topographiques et climatérologiques sont d'ailleurs particulièrement favorables à cette culture dans toute cette région ; mais les trois localités Toa-Ko-Ham, Keelung, Shiutiam, situées en amont de la rivière San-Hsi-Lien, sont les centres de production les plus réputés.

La culture du théier y remonte au moins à un siècle ; au début elle se restreignait à l'usage particulier des habitants, et c'est, semble-t-il, de 1855 seulement que datent ses premiers progrès ; élargissement des plantations, sélectionnement des plantes, amélioration des procédés de préparation qui actuellement surtout font l'objet de recherches de la part de stations officielles.

Les planteurs emploient huit variétés différentes, dont ils ont appris à connaître les caractères et les exigences ; ce sont de petits arbrisseaux dont la taille varie de 36 à 84 centimètres. C'est généralement par marcottage que ces théiers sont multipliés ; on est ainsi à peu près sûr de conserver aux descendants les caractères de la race primitive. Après quatre ans de culture, les marcottes enracinées sont suffisamment développées pour une première exploitation. Les plantes de 13 à 15 ans, qui ont donc été exploitées pendant une dizaine d'années, sont coupées à la base; les rejets peuvent alors être à nouveau épluchés.

La cueillette ne se fait pas en une fois ; mais, d'avril à novembre, elle se repète environ une dizaine de fois. Suivant l'époque de la récolte, on obtient des qualités un peu différentes, auxquelles on donne le nom de la saison où on les a récoltées. La cueillette se fait à la main, et avec le plus grand soin.

Dans le nord de Formose, on estime le rendement d'une plantation à 2000 livres de feuilles fraîches par *tcho*, qui vaut 9 915 mètres carrés.

Formose produit actuellement deux qualités principales de thé : " U-long „ et " Pao-tchung „. Le premier est préparé par la méthode ancienne plus ou moins perfectionnée ; le second est obtenu par un procédé introduit plus tard dans l'île.

Pour obtenir le " U-long „, les feuilles du théier doivent subir deux séries de préparations : la première porte sur le choix du producteur, et revient au planteur ; la seconde sur le traitement du produit, et concerne le commerçant en gros. Le thé ordinaire se prépare encore le plus souvent à la main ; aussi sa qualité dépend-elle en grande partie de l'habileté de l'ouvrier, habileté qui ne s'acquiert que par une très longue pratique. Les feuilles, après la récolte, sont étalées au soleil sur des toiles afin de subir un premier *flétrissage ;* après quoi, on les entasse dans des corbeilles en bambous où elles vont subir un second flétrissage ; elles en subiront un troisième, dans des sortes de vans. Cette opération, qui n'est qu'une fermentation, doit être conduite avec soin : le temps nécessaire pour obtenir les résultats désirés varie beaucoup avec les conditions extérieures.

Après le flétrissage commence la *torréfaction*, pendant laquelle l'ouvrier doit veiller à ce que la température ne s'élève pas au-dessus d'un certain degré ; il en est de même pendant le *desséchage* qui vient ensuite et doit être repris plusieurs fois. Le temps nécessaire à ces manipulations n'est pas le même pour les thés des différentes saisons. Les thés de printemps et d'automne demandent 8 heures en moyenne pour passer par ces différentes phases, le thé d'été 6 heures seulement, et le thé d'hiver 7 heures.

On estime qu'il faut 4 livres de feuilles fraîches pour obtenir 1 livre de thé préparé ; le rendement d'un tcho serait donc de 500 livres de thé préparé. Celui-ci, dans la région et pour le thé U-long, est emballé en sacs de 50 livres, d'où son nom de " thé en sac „.

C'est la ville de Ta-tu-tia qui est l'entrepôt principal du thé ; ce sont les négociants de cette cité qui vont dans les plantations acheter le thé en sacs et lui font subir dans leurs magasins une sorte de raffinage. Les feuilles sont triées, après avoir été tamisées, puis séchées au four pendant 7 à 8 heures. Après le séchage, on les renferme dans des caisses. Cette nouvelle série d'opérations fait perdre au thé environ 10 à 15 p. c. de son poids. Les caisses d'emballage sont doublées de papier de plomb, et le

bois dont on les construit est ordinairement celui d'un conifère de la région d'Amoy. Ce thé raffiné est connu sur le marché japonais sous le nom de " thé en caisse ".

Le thé U-long est de qualité intermédiaire entre le thé noir et le thé vert. Sa fabrication assez spéciale lui donne un arome particulier très apprécié des amateurs. Les analyses chimiques des deux qualités extrêmes de ce thé ont donné en moyenne les résultats suivants :

	Qualité supérieure	Qualité inférieure
Théine	1 963	1 933
Tanin	9 630	6 163
Albumine	16 625	15 925
Matières extractives	42 822	34 620
Eau	8 838	11 780
Cendres	6 503	7 600

Quant au thé " Pao-tchung ", sa fabrication est d'origine chinoise ; le mode de préparation a été introduit à Formose il y a environ trente ans seulement.

On part du thé U-long ; on l'entasse dans une chambre avec des fleurs odoriférantes qui doivent lui communiquer un arome particulier. Une fois le thé bien imprégné de l'odeur des fleurs, on met le mélange à sécher au soleil, puis on trie le tout pour séparer les fleurs.

On signale quatre fleurs à mélanger à ce thé, mais nous ne connaissons pas leurs noms. L'emballage se fait en petits paquets qui, à leur tour, sont empaquetés dans des caisses en bois à parois garnies intérieurement de feuilles de plomb.

Comme nous l'avons dit, c'est Ta-tu-tia qui est le centre du commerce du thé, c'est là qu'affluent toutes les récoltes, aussi y règne-t-il une grande animation pendant la saison ; on estime à plusieurs milliers le nombre d'ouvriers et d'ouvrières employés en ce moment aux diverses manipulations.

Les négociants en thé de Formose sont de nationalités très différentes : Européens, Américains, Chinois, indigènes et Japonais. Mais ce ne sont guère que des maisons européennes ou américaines qui s'occupent du raffinage et de l'exportation : elles sont au nombre de sept, trois européennes, quatre américaines.

L'exportation du thé de Formose est de date relativement récente ; elle fut inaugurée il y a quarante ans environ par un Anglais, John Dodds, qui en expédia 5000 livres à Amoy, d'où il

passa en Amérique. Actuellement, c'est devenu, avec le riz et le camphre, un des articles principaux du commerce de Formose qui en expédie annuellement pour une valeur de 7 000 000 de yens (yen = fr. 2,58).

Ce sont actuellement encore les États-Unis de l'Amérique du Nord qui sont les principaux acheteurs pour le thé U-long : ils prennent environ les 9/10 de l'exportation totale ; viennent ensuite le Canada et l'Angleterre.

Quant au Pao-tchung, ou thé parfumé, il est surtout demandé par Java, Bornéo, Sumatra et les autres îles de la Malaisie qui prennent 8 à 9/10 de l'exportation totale; le reste passe en Annam, au Siam, à Singapour et dans les autres localités des Straits.

Sans insister sur les statistiques, nous croyons utile, pour montrer l'extension du commerce de ce produit, de donner quelques-uns des chiffres représentant la quantité et la valeur du thé exporté depuis 1867.

	Quantité en livres anglaises	Valeur en yens à Formose
1867	203 000	—
1870	1 054 000	—
1880	9 047 000	3 278 524
1890	12 862 900	4 688 475
1893	16 394 900	6 167 761
1900	14 598 584	5 300 193
1904	13 588 222	6 246 428

C'est en 1893 que l'exportation a atteint son maximum *en poids*, et en 1897 son maximum *en valeur* : 15 228 643 livres valant à Formose 6 906 030 yens.

La production du café aux Indes. — On cite constamment les chiffres de la production du café au Brésil, mais on ne trouve que peu de renseignements sur la production des Indes anglaises, qui mérite cependant d'entrer en ligne de compte.

A la fin de 1904, on comptait dans ces régions 212 964 acres de terrain en caféiers, tous, sauf 335 acres, situés dans la " Southern India ". La production du café est limitée à une aire étroite, dans une région élevée, au delà de la côte sud-ouest ; les districts Mysore, Coorg, Madras, Nilgiris, Malabar, comprennent 86 % de la surface totale occupée par cette plante aux Indes.

Le Mysore possède à lui seul la moitié des terres cultivées en café ; en 1904 il y avait 104 287 acres, tandis que Coorg n'en possédait que 48 142 et Nilgaris et Malabar 30 000 environ. Madras, Saleme, Corimbatore, Travencore, Cochin, Burma, Assam, Bombay, fournissent également du café, mais en quantité très réduite.

Si l'on représente la surface cultivée et la production de 1885 par 100, les années suivantes la surface et la production seront données par les chiffres suivants :

	Surface	Production
1885	100	100
1886	97	100
1887	103	74
1888	104	98
1889	110	65
1890	114	63
1891	111	84
1892	110	80
1893	112	75
1894	117	76
1895	120	78
1896	128	57
1897	122	61
1898	121	73
1899	116	76
1900	115	66
1901	110	69
1902	100	73
1903	96	78
1904	90	89

Ces chiffres montrent, d'une part, qu'après avoir pendant une certaine période cherché à augmenter la surface cultivée, on a depuis abandonné quelques plantations ; d'autre part, ils font voir que, même avec une plus grande surface, on n'obtient plus dans les Indes un rendement comparable à celui de 1885.

Pendant la période de 1889-1905, on a noté, en 1895, la plus forte production avec un total de 40 141 667 livres et la plus faible en 1901 avec 15 585 003 livres. Pendant les deux dernières années, les exportations se sont chiffrées et réparties comme suit :

	1904-1905	1903-1904
	—	—
Angleterre	17 074 624	20 982 528
Autriche-Hongrie	219 296	400 960
Belgique	402 752	470 176
France	11 716 880	10 850 112
Allemagne	227 248	315 616
Italie	17 027	70 112
Égypte	2 016	—
Afrique orientale (anglaise)	784	896
" " (allemande)	4 032	2 352
" " (portugaise)	—	336
Madagascar	224	—
Maurice	95 536	35 504
Natal	10 416	14 336
Cap de Bonne-Espérance	112	—
États-Unis	33 600	21 504
Arabie	227 360	272 272
Bavière	—	64 176
Ceylan	1 999 872	2 565 584
Mekran et Sonmiani	—	112
Perse	15 232	18 032
Turquie d'Asie	59 136	25 200
Australie	514 304	820 656
Totaux	32 620 451	36 930 464

Pendant l'année 1904, 22 522 personnes furent employées aux plantations d'une manière permanente et 51 870 temporairement, ce qui fait, en moyenne, une personne par 26 acres.

Les Indes, tout en exportant du café, en reçoivent de 800 000 à 1 300 000 livres. Amené à Burma, ce café provient surtout des Straits Settlements; celui qui arrive à Bombay provient d'Europe et en grande partie, par des réexpéditions, d'Autriche-Hongrie.

L'exportation a augmenté, dans les dernières années, mais la valeur a continué à diminuer malgré la diminution de production du Brésil. On sait que la plus forte production en café a été atteinte au Brésil en 1901-1902; elle se chiffrait alors par une exportation de 15 439 000 sacs, en 1902-1903 elle tombe à 12 324 000 et en 1903-1904 à 10 407 000 sacs ; en 1904-1905 elle n'a guère dépassé 10 000 000, et en 1905-1906 on ne croit pas qu'elle atteindra ce chiffre.

É. D. W.

TABLE DES MATIÈRES

DU

NEUVIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LIX DE LA COLLECTION

LIVRAISON DE JANVIER 1906

—

LE CHANOINE NICOLAS JEAN BOULAY, par **M. le Chanoine Bourgeat** 5

LES OBSERVATOIRES DE LA COMPAGNIE DE JÉSUS AU DÉBUT DU XXe SIÈCLE, par le **R. P. P. de Vregille, S. J.** . 10

L'INDUSTRIE DE L'OR, par **M. le Vte R. de Montessus** . . 73

LES ORIGINES DE LA STATIQUE *(suite)*, par **M. P. Duhem** . 115

LE COTÉ MILITAIRE DU NÉO-PROTECTIONNISME BRITANNIQUE, par **M. C. Beaujean**. 149

LE TUNNEL ET LE CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE DE LA JUNGFRAU, par **M. G. de Fooz** 171

L'HAECKÉLIANISME ET LES IDÉES DU P. WASMANN SUR L'ÉVOLUTION, par le **R. P. R. de Sinéty, S. J.** 226

L'ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL DU 30 AOÛT 1905, par **M. l'abbé Th. Moreux**. 243

BIBLIOGRAPHIE. — I. Cours d'Analyse mathématique, par Ed. Goursat, tome II, **M. O**. 282

II. 1. Die Anfangsgründe der Differentialrechnung und Integralrechnung für Schüler von höheren Lehranstalten und Fachschulen, dargestellt von Dr Richard Schröder. 288

2. Ueber die Anwendungen der darstellenden Geometrie insbesondere über die Photogrammetrie, von F. Schilling. 293
3. Leçons de Mécanique élémentaire, par P. Appell et J. Chapuis, **J. T.** 294
III. Traité de Physique, par O. D. Chwolson, **J. Thirion** 295
IV. Les Quantités élémentaires d'Électricité, Ions, Électrons, Corpuscules. Mémoires réunis et publiés par H. Abraham et P. Langevin, **J. T.** 303
V. Manuel pratique de Radiologie médicale, par le Dr E. Dupont, **J. T.** 306
VI. Manuel des Recherches préhistoriques, publié par la Société préhistorique de France, **J. G.** 307
VII. Six Leçons de Préhistoire, par G. Engerrand, **J. G.** 310
VIII. Science et Apologétique, par A. de Lapparent, **G. Lechalas** 314

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.
BIOLOGIE GÉNÉRALE, par **J. M., S. J.** 321
PHYSIOLOGIE, par **J. M., S. J.** 333
AGRICULTURE, par **A. François** 343
NÉCROLOGIE. — M. Gustave Dewalque, **J. T.** 352

LIVRAISON D'AVRIL 1906

Le Centenaire de Le Play, par **M. A. Beernaert** . . . 353
La Fonction économique des Ports.
Introduction, par **M. É. Van der Smissen** 357
I. La Fonction économique des ports dans l'Antiquité grecque, par **M. H. Francotte**. 360
Les Origines de la Statique *(suite)*, par **M. P. Duhem**. 383
Conflits de faits et Conflits de tendances, par **M. J. M.** 442
Formation sur place de la Houille, par le **R. P. G. Schmitz, S. J.** 462
Les Observatoires de la Compagnie de Jésus *(fin)*, par le **R. P. P. de Vregille, S. J.** 493

Variétés. — I. *Curiosités médicales*, par **M. le Dr Mœller**. 580
II. *La Réduction des Intensités lumineuses en Peinture*, par **M. G. Lechalas** 589

Bibliographie. - I. Cours d'Analyse infinitésimale, par Ch.-J. de la Vallée Poussin, **R. d'Adhémar** 596
II. Leçons d'Algèbre et d'Analyse, par Jules Tannery, **M. O.** 599
III. Encyklopädie der Elementar-Mathematik,... von H. Weber und J. Wellstein, **H. B.** . . 605
IV. Lehrbuch der analytischen Geometrie. Erster Band : Geometrie in den Grundgebilden erster Stufe und in der Ebene, von L. Heffter und C. Koehler, **H. B.** 607
V. Anfangsgründe der darstellenden Geometrie für Gymnasien, von Fritz Schütte, **H. B.** . 608
VI. Die Planimetrie für das Gymnasium, von G. Holzmüller, **F. W.** 608
VII. Einleitung in die Funktionentheorie, von Stolz und Gmeiner, **F. W.** 610
VIII. Elemente der Vektor-Analysis, mit Beispielen aus der theoretischen Physik, von A. H. Bucherer, **F. W.** 611
IX. Vorlesungen über die Vektorenrechnung, mit Anwendungen Auf Geometrie, Mechanik und Mathematik, von E. Jahnke, **F. W.** . . . 611
X. La Science moderne et son état actuel, par Émile Picard, **G. Lechalas** 612

XI. La Théorie physique, son objet et sa structure, par P. Duhem, **P. C.** 615
XII. Traité de Géologie, par A. de Lapparent, **X. Stainier** 619
XIII. The Origin and Influence of the Thoroughbred Horse, by William Ridgeway, **J. M.** . . . 628
XIV. An Elementary course in Mammalian Osteology, by the Rev. A. M. Kirsch, C. S. C., **J. M.** 630
XV. Le Sorgho dans les vallées du Niger et du Haut-Sénégal, par M. Dumas, **É. D. W.** 631
XVI. Le Rafia. Exploitation, utilisation et commerce à Madagascar, par M. Deslandes, **É. D. W.** 632
XVII. Culture et Industrie du Manioc, par L. Colson et L. Chatel, **É. D. W.** 633
XVIII. Kalender für die Baumwollindustrie, 27 Jahrgang, **É. D. W.** 634
XIX. Commercial Geography, by H. Gannett, C. L. Garrison and E. J. Houston, **É. D. W.** . . 635
XX. Expédition antarctique belge. Résultats du S. Y. *Belgica*, en 1897-1898-1899. Rapports scientifiques. Botanique. Les Phanérogames des Terres Magellaniques, par É. De Wildeman, **E. P.** 637
XXI. Fontenelle, par A. Laborde-Milaà, **G. Lechalas.** 640
XXII. La Providence et le Miracle devant la science moderne, par Gaston Sortais, **C. de Kirwan.** 643
XXIII. Monumenta Judaica. Prima pars : Bibliotheca Targumica. Erster Band, erstes Heft. Aramaia : Die Targumim zum Pentateuch. Herausgegeben von A. Wünsche, W. Neumann und M. Altschüler, **S. E.** 651
XXIV. La Belgique, Institutions, Industrie, Commerce, **N. N.** 656

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES, par **H. Bosmans, S. J.** 658
GÉOLOGIE, par **X. Stainier** 674
HYGIÈNE, par **A. Proost.** 680
BOTANIQUE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE, par **É. D. W.** 690

Louvain. — Imp. POLLEUNIS & CEUTERICK, 60, rue Vital Decoster, 60

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME X — 20 JUILLET 1906

(TRENTIÈME ANNÉE; TOME LX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

LE MINOTAURE TYPHÉE

Pour désigner l'insecte objet de cet opuscule, la nomenclature savante associe deux noms redoutables : celui de Minotaure, le taureau de Minos, nourri de chair humaine dans les cryptes du labyrinthe de Crète, et celui de Typhée, l'un des géants, fils de la Terre, qui tentèrent d'escalader le Ciel.

A la faveur de la pelote de fil que lui donna Ariane, fille de Minos, l'Athénien Thésée parvint au Minotaure, le tua et sortit sain et sauf, ayant pour toujours délivré sa patrie de l'horrible tribut destiné à la nourriture du monstre. Typhée, foudroyé sur son entassement de montagnes, fut précipité dans les flancs de l'Etna.

Il y est encore. Son haleine est la fumée du volcan. S'il tousse, il expectore des coulées de lave ; s'il change d'épaule pour reposer sur l'autre, il met en émoi la Sicile, il la secoue d'un tremblement de terre.

Il ne déplaît pas de trouver un souvenir de ces vieux contes dans l'histoire des bêtes. Sonores et respectueuses de l'oreille, les dénominations mythologiques n'entraînent pas des contradictions avec le réel, grave défaut que n'évitent pas toujours les termes fabriqués de toutes pièces avec les données du lexique. Si de vagues analogies relient en outre le fabuleux et l'historique, noms et prénoms sont des plus heureux. Tel est le cas du Minotaure Typhée *(Minotaurus Typhœus*, Lin.*)*.

On appelle de ce nom un coléoptère noir, de taille assez avantageuse, étroitement apparenté avec les troueurs

de terre, les Géotrupes. C'est un pacifique, un inoffensif, mais il est encorné mieux que taureau de Minos. Nul, parmi nos insectes amateurs de panoplies, ne porte armure aussi menaçante. Le mâle a sur le corselet un faisceau de trois épieux acérés, parallèles et dirigés en avant. Supposons-lui la taille d'un taureau, et Thésée lui-même, le rencontrant dans la campagne, n'oserait affronter son terrible trident.

Le Typhée de la fable eut l'ambition de saccager la demeure des dieux, en dressant une pile de montagnes arrachées de leur base ; le Typhée des naturalistes ne monte pas ; il descend, il perfore le sol à des profondeurs énormes. Le premier, d'un coup d'épaule, met une province en trépidation ; le second, d'une poussée de l'échine, fait trembler sa taupinée comme tremble l'Etna lorsque son enseveli remue. Il affectionne les lieux découverts, sablonneux où, se rendant au pâturage, les troupeaux de moutons sèment leurs traînées de noires pilules.

Ces dragées, modelées en olives, sont pour lui la réglementaire provende. A leur défaut, il accepte aussi les menus produits du lapin, de cueillette aisée, car le timide rongeur, crainte peut-être de se trahir par des témoins trop répandus, a ses latrines parmi des touffes de thym et revient toujours crotter à l'endroit accoutumé. Mais ce sont là des vivres de qualité inférieure, utilisés, faute de mieux, pour lui, jamais pour sa famille. Il leur préfère ceux que lui fournit le troupeau. S'il fallait le dénommer d'après ses goûts, il faudrait l'appeler le passionné collecteur de crottins de mouton.

Cette prédilection pastorale n'avait pas échappé aux anciens observateurs. L'un d'eux appelle l'insecte Scarabée des moutons, *Scarabæus ovinus*. Il est fâcheux que la nomenclature n'ait pas conservé le vieux qualificatif, de signification si précise, éminemment apte à nous renseigner.

Les terriers, reconnaissables à la taupinée qui les sur-

monte, commencent à se montrer fréquents en automne, lorsque des pluies sont enfin venues humecter le sol, calciné par les torridités estivales. Alors, de dessous terre, les jeunes de l'année doucement émergent et viennent, pour la première fois, aux réjouissances de la lumière ; alors, en des chalets provisoires, grassement on festoie quelques semaines ; puis on thésaurise en vue de l'avenir.

Visitons la demeure, maintenant travail aisé, auquel suffit une simple houlette de poche. Le manoir est un puits du calibre du doigt et de la profondeur d'un empan environ. Pas de chambre spéciale, mais un trou de sonde, vertical autant que le permettent les accidents du terrain. Tantôt d'un sexe, tantôt de l'autre, le propriétaire est au fond, toujours isolé. L'heure de se mettre en ménage et d'établir la famille n'étant pas encore venue, chacun vit en ermite et ne s'occupe que de son bien-être. Au-dessus du reclus, une colonne de crottins de mouton encombre le logis. Il y en a parfois de quoi remplir le creux de la main.

Comment le Minotaure a-t-il acquis tant de richesses ? Il amasse aisément, affranchi qu'il est du tracas des recherches, car il a toujours soin de s'établir à proximité d'une copieuse émission. Il fait cueillette sur le seuil même de sa porte. Lorsque bon lui semble, la nuit surtout, il sort et choisit dans l'amas de pilules une pièce à sa convenance. De son chaperon comme levier, il l'ébranle en dessous ; d'un doux roulis il l'amène à l'orifice du puits, où le butin s'engouffre. Suivent d'autres olives, méthodiquement, une par une, toutes d'une manœuvre facile à cause de leur forme. Ainsi roulent des fûts sous la poussée du tonnelier.

Lorsqu'il se propose d'aller festoyer en paix sous terre, loin de la mêlée, le Scarabée sacré conglobe en boule sa part de victuailles ; il lui donne la configuration sphérique la mieux apte au charroi. Le Minotaure, versé lui aussi dans la mécanique du roulage, est affranchi de ces pré-

paratifs ; le mouton lui moule gratuitement des pièces à déplacement aisé. Satisfait de sa récolte, l'amasseur rentre chez lui.

Que va-t-il faire de son trésor ? S'en nourrir, cela va de soi, tant que le froid et sa conséquence l'engourdissement ne suspendront pas l'appétit. Mais la consommation n'est pas tout : en hiver certaines précautions s'imposent dans une retraite de médiocre profondeur. Aux approches de décembre déjà se rencontrent quelques taupinées aussi volumineuses que celles du printemps. Elles correspondent à des terriers descendant à plus d'un mètre de profondeur. En ces cryptes reculées, l'hiver n'est pas à craindre, mais elles sont encore rares. Les plus fréquentes, toujours occupées par un seul habitant, ne mesurent guère qu'un empan. D'habitude elles sont capitonnées d'un copieux molleton provenant de pilules arides émiettées et réduites en charpie. Il est à croire que cet amas filamenteux, favorable à la conservation de la chaleur, n'est pas étranger au bien-être de l'ermite en des temps rigoureux. Le Minotaure thésaurise donc un peu pour vivre, un peu pour s'entourer d'un matelas de feutre lorsque viennent les froids sérieux.

Vers les premiers jours de mars commencent à se rencontrer des couples, adonnés de concert à la nidification. Les deux sexes, jusque-là isolés en des terriers superficiels, se trouvent maintenant associés pour une longue période. En quel lieu se fait la rencontre et se conclut le pacte de collaboration ? Un fait tout d'abord attire mon attention. Dans l'arrière-saison, ainsi qu'en hiver, les femelles abondaient, aussi nombreuses que les mâles ; quand arrive mars, je n'en trouve presque plus, à tel point que je désespère de peupler convenablement la volière où je me propose de suivre les mœurs de l'insecte. Pour une quinzaine de mâles, j'exhume deux ou trois femelles tout au plus. Que sont devenues ces dernières, si fréquentes au début ?

Je fouille, il est vrai, les terriers les mieux accessibles à ma petite houlette. Peut-être le secret des absentes est-il au fond des gîtes plus pénibles à visiter. Faisons appel à des bras plus souples, plus vigoureux que les miens et armés d'une bêche. Je suis dédommagé de ma persévérance. Les femelles enfin se trouvent, aussi nombreuses que je peux le désirer. Elles sont seules, sans vivres, au fond d'une galerie verticale dont la profondeur découragerait quiconque n'est pas doué d'une belle patience, souverain levier de l'observation.

Maintenant tout s'explique. Dès l'éveil printanier et même parfois à la fin de l'automne, avant d'avoir connu leurs collaborateurs, les vaillantes futures mères se mettent à l'ouvrage, choisissent bonne place et forent un puits qui, s'il n'atteint déjà la profondeur requise, sera du moins l'amorce de travaux plus considérables. Aux heures discrètes du crépuscule, c'est dans ces galeries plus ou moins avancées que les prétendants viennent les trouver, des fois plusieurs ensemble. Il n'est pas rare, en effet, d'en rencontrer deux ou trois auprès de la même nubile.

Comme un seul suffit, les autres videront les lieux, s'en iront chercher ailleurs lorsque le choix de la sollicitée et peut-être un brin de bataille auront décidé de la chose. Entre ces pacifiques, les rixes doivent être sans gravité. Quelques enlacements de pattes, dont les brassards dentelés grincent sur l'armure de corne, quelques culbutes sous les coups de trident, à cela sans doute se réduit la querelle. Les surnuméraires partis, le ménage se fonde, et dès lors sont contractés des liens de remarquable durée.

Ces liens sont-ils indissolubles ? Les deux conjoints se reconnaissent-ils parmi leurs pareils ? Y a-t-il entre eux mutuelle fidélité ? Si les occasions de rupture matrimoniale sont très rares, nulles même à l'égard de la mère, qui de longtemps ne quitte plus les profondeurs de son manoir, elles sont fréquentes, au contraire, à l'égard du père, obligé par ses fonctions de venir souvent au dehors. Ainsi

qu'on le verra tantôt, il est, sa vie durant, le pourvoyeur de vivres et le préposé au charroi des déblais. Seul, à différentes heures de la journée, il expulse au dehors les terres provenant des fouilles de la mère ; seul il explore les alentours du domicile, en quête des pilules dont se pétrira le premier gâteau.

Parfois les terriers sont voisins. Le collecteur de victuailles ne peut-il, en rentrant, se tromper de porte et pénétrer chez autrui ? En ses tournées, ne lui arrive-t-il jamais de rencontrer une promeneuse non encore établie, et alors, oublieux de sa première compagne, n'est-il pas sujet à divorcer? La question méritait examen. J'ai cherché à la résoudre de la manière suivante.

Deux couples sont extraits de terre en pleine période d'excavation. Une marque indélébile, pratiquée de la pointe d'une aiguille au bord inférieur des élytres, me permettra de les distinguer l'un de l'autre. Les quatre sujets sont distribués au hasard, un par un, à la surface d'une aire sablonneuse d'une paire d'empans d'épaisseur. Pareil sol est suffisant aux fouilles d'une nuit. Dans le cas où des vivres seraient agréables, une poignée de crottins de mouton est servie. Une ample terrine renversée couvre l'arène, met obstacle à l'évasion et fait l'obscurité, favorable au recueillement.

Le lendemain, réponse superbe. Il y a deux terriers dans l'établissement, pas davantage ; les couples se sont reformés tels qu'ils étaient avant ; chaque particulier a retrouvé sa particulière. Une seconde épreuve faite le jour d'après, ensuite une troisième, ont le même succès : les marqués d'un point sur l'élytre sont ensemble, les non-marqués le sont aussi au fond de la galerie.

Cinq fois encore, je fais chaque soir recommencer la mise en ménage. Les choses maintenant se gâtent. Tantôt chacun des quatre éprouvés s'établit à part ; tantôt, dans le même terrier sont inclus ici les deux mâles et là les deux femelles ; tantôt la même crypte reçoit les deux

sexes associés autrement qu'ils ne l'étaient au début. J'ai abusé de la répétition ; désormais c'est le désordre. Mes bouleversements quotidiens ont démoralisé les fouisseurs ; une demeure croulante, toujours à recommencer, a mis fin aux associations légitimes. Le ménage correct n'est plus possible du moment que la maison s'effondre chaque jour.

N'importe, les trois premières épreuves, alors que des troubles coup sur coup répétés n'avaient pas encore brouillé le délicat fil d'attache, semblent affirmer certaine constance dans le ménage Minotaure. Elle et lui se reconnaissent, se retrouvent dans le tumulte des événements que mes malices leur imposent. Ils se gardent mutuellement fidélité, qualité bien remarquable dans la classe des insectes, si vite oublieux des obligations matrimoniales.

Or, comment dans ce ménage se répartit le travail ? Le savoir n'est pas entreprise commode, à laquelle suffise la pointe d'un couteau. Qui se propose de visiter l'insecte fouisseur chez lui, doit recourir à des circonvallations exténuantes. Ce n'est plus ici la chambre du Scarabée, du Copris et des autres, mise à découvert, sans fatigue, avec une petite houlette de poche ; c'est un puits dont on n'atteindra le fond qu'à l'aide d'une solide bêche, vaillamment manœuvrée pendant des heures entières. Pour peu que le soleil tape dur sur la nuque, on reviendra de la corvée tout perclus.

Ah ! mes pauvres articulations rouillées par l'âge ! Soupçonner un beau problème sous terre et ne pouvoir le résoudre ! L'ardeur persiste, aussi chaleureuse qu'au vieux temps où j'abattais les talus spongieux aimés des Anthophores ; l'amour des recherches n'a pas défailli, mais les forces manquent. Heureusement, j'ai un aide. C'est mon fils Paul, qui me prête la vigueur de ses poignets et la souplesse de ses reins. Je suis la tête, il est le bras.

Le reste de la famille, la mère comprise et non de moindre zèle, d'habitude nous accompagne. Les yeux ne

sont pas de trop lorsque, la fosse devenue profonde, il faut surveiller à distance les menus documents exhumés par la bêche. Ce que l'un ne voit pas, un autre l'aperçoit. Huber, devenu aveugle, étudiait les abeilles par l'intermédiaire d'un serviteur clairvoyant et dévoué. Je suis mieux avantagé que le grand naturaliste de la Suisse. A ma vue, assez bonne encore quoique bien fatiguée, vient en aide la perspicace prunelle de tous les miens. Si je suis en état de poursuivre mes recherches et d'obtenir, en particulier, le secret du Minotaure, c'est à eux que je le dois. Grâces leur en soient rendues.

De bon matin, nous voici sur les lieux. Un terrier est trouvé avec taupinée volumineuse, formée de tampons cylindriques, expulsés tout d'une pièce à coups de refouloir. Sous le monticule de déblais s'ouvre un puits vertical. Un beau jonc, cueilli en chemin, est introduit dans le gouffre. Engagé plus avant à mesure que le haut se dénude, il nous servira de guide.

Le sol est très meuble, sans mélange de cailloux, odieux à l'insecte fouisseur, ami de l'invariable direction verticale, odieux aussi au tranchant de la bêche exploratrice. Il se compose uniquement de sable cimenté par un peu d'argile. La fouille serait donc aisée s'il ne fallait atteindre des profondeurs où le maniement des outils devient fort difficile, à moins de bouleverser le terrain sur de grandes étendues. La méthode que voici donne de bons résultats sans exagérer les masses remuées, ce que le propriétaire du champ pourrait trouver mauvais.

Une aire d'un mètre de largeur au moins est attaquée autour du puits. A mesure que le jonc conducteur se dénude, on l'enfonce davantage. Il plongeait d'abord d'un empan ; il plonge maintenant d'une coudée. Bientôt l'extraction des terres devient impraticable avec la pelle, que gêne le manque de large ; il faut se mettre à genoux, rassembler des deux mains les déblais et les rejeter à belles poignées. La cuve s'approfondit d'autant, ce qui

augmente la difficulté déjà si grande. Un moment arrive où, pour continuer, il est nécessaire de se coucher à plat ventre, de plonger l'avant du corps dans le trou autant que le permet la souplesse des reins. Chaque plongeon amène au dehors à peine le plein creux d'une main. Et le jonc descend toujours, sans indication d'un prochain arrêt.

Impossible à mon fils de continuer de la sorte, malgré son élasticité juvénile. Pour se rapprocher du fond de la désespérante cuve, il abaisse le niveau de sa base d'appui. A l'extrémité de la ronde fosse, une entaille est faite, où il y a tout juste place pour les deux genoux. C'est un degré, un gradin que l'on approfondira à mesure. Le travail reprend, plus actif cette fois, mais le jonc consulté descend encore et de beaucoup.

Nouvel abaissement de l'escalier d'appui et nouveaux coups de bêche. Les déblais enlevés, l'excavation descend au delà d'un mètre. Y sommes-nous enfin? Point : le terrible jonc continue de plonger. Approfondissons l'escalier et continuons. Le succès est aux persévérants. Victoire ! c'est fini. A la profondeur d'un mètre et demi, le jonc vient de rencontrer un obstacle. La chambre du Minotaure est atteinte.

La houlette de poche dénude avec prudence et l'on voit apparaître les maîtres de céans, le mâle d'abord, un peu plus bas la femelle. Le couple enlevé, se montre une tache circulaire et sombre ; c'est la terminaison de la colonne de victuailles.

Attention maintenant, fouillons en douceur. Il s'agit de cerner au fond de la cuve la motte centrale, de l'isoler des terres environnantes ; puis, faisant levier de la houlette insinuée dessous, d'extraire le bloc tout d'une pièce. C'est fait : nous voici possesseurs du couple et de son nid. Deux grosses heures d'exténuantes fouilles nous ont valu ces richesses ; le dos fumant de Paul nous dit au prix de quels efforts.

Cette profondeur d'un mètre et demi n'est pas et ne saurait être constante. Bien des causes la font varier, telles que le degré de fraîcheur et de consistance du milieu traversé, la fougue au travail de l'insecte et le loisir disponible suivant l'époque plus ou moins rapprochée de la ponte. J'ai vu des terriers descendre un peu plus bas, j'en ai trouvé d'autres n'atteignant pas tout à fait un mètre. Dans tous les cas, il faut au Minotaure une crypte de profondeur outrée. Nous aurons tantôt à nous demander quel impérieux besoin oblige le collecteur de crottins de mouton à se domicilier si bas.

Avant de quitter les lieux, notons un fait dont le témoignage aura plus tard sa valeur. La femelle s'est trouvée tout au fond du terrier ; au-dessus, à quelque distance, était le mâle, l'un et l'autre immobilisés par la frayeur dans une occupation qu'il n'est guère possible de préciser encore. Ce détail, vu et revu dans les divers terriers fouillés, semble dire que les deux collaborateurs ont chacun une place déterminée.

La mère, mieux entendue aux choses d'éducation, occupe l'étage inférieur. Seule elle fouille, versée qu'elle est dans les propriétés de la verticale, qui économise le travail en donnant la plus grande profondeur. Elle est l'ingénieur, toujours en rapport avec le front d'attaque de la galerie. L'autre est son manœuvre. Il stationne à l'arrière, prêt à charger les déblais sur sa hotte cornue.

Plus tard l'excavatrice se fait boulangère ; elle pétrit en cylindre le pain des fils. Le père est alors son mitron. Il lui amène du dehors de quoi faire farine. Comme dans tout bon ménage, la mère est le ministre de l'intérieur ; le père est le ministre de l'extérieur. Ainsi s'expliquerait leur invariable situation dans le logis tubulaire. L'avenir nous dira si ces prévisions traduisent bien la réalité.

Pour le moment, examinons à loisir, avec les aises du chez soi, la motte centrale, d'acquisition si laborieuse. Elle contient une conserve alimentaire en forme de sau-

cisse, à peu près de la longueur et de la grosseur du doigt. C'est composé d'une matière sombre, compacte, stratifiée par couches, où se reconnaissent les pilules du mouton réduites en miettes. Parfois la pâte est fine, presque homogène d'un bout à l'autre du cylindre ; plus souvent la pièce est une sorte de nougat où de gros débris sont noyés dans un ciment d'amalgame. Suivant ses loisirs, la mère varie et soigne plus ou moins la confection de sa pâtisserie.

La chose est étroitement moulée dans le cul-de-sac du terrier, où la paroi est plus lisse et mieux travaillée que le reste du puits. De la pointe du canif, aisément cela se dénude de la terre environnante, qui se détache à la façon d'une écorce. Ainsi s'obtient le cylindre alimentaire net de toute souillure terreuse.

Cela fait, informons-nous de l'œuf, car cette pâtisserie a été évidemment préparée en vue d'une larve. Guidé par ce que m'avaient appris autrefois les Géotrupes, qui logent l'œuf au bout inférieur de leur boudin, dans une niche spéciale ménagée au sein même des vivres, je m'attendais à trouver celui du Minotaure, leur proche allié, dans une chambre d'éclosion, tout au bas de la saucisse. Eh bien ! l'œuf cherché n'y est pas ; il n'est pas même en un point quelconque des victuailles.

Des recherches hors de la saucisse me le montrent enfin. Il est au-dessous des provisions, dans le sable même, tout dépourvu des soins méticuleux où les mères excellent. Il y a là, non une cellule à parois lisses, comme semblerait en réclamer le délicat épiderme du nouveau né, mais une anfractuosité rustique, résultat d'un simple éboulis plutôt qu'ouvrage d'industrie maternelle. En cette rude couchette, à quelque distance des vivres, le ver doit éclore. Pour atteindre le manger, il lui faudra faire crouler et traverser un plafond de sable de quelques millimètres d'épaisseur. En vue de ses fils, la mère Minotaure

est experte dans l'art des saucisses, mais elle ignore à fond les tendresses du berceau.

Désireux d'assister à l'éclosion et de suivre la croissance du ver, j'installe mes trouvailles en des loges où sont reproduites, du mieux possible, les conditions naturelles. Un tube de verre, fermé d'un bout, reçoit d'abord une couche de sable frais qui représentera le sol d'origine. A la surface de ce lit est déposé l'œuf. Un peu du même sable forme le plafond que le nouveau-né doit traverser pour atteindre les vivres. Ceux-ci ne sont autres que la saucisse réglementaire, expurgée de son écorce terreuse. Quelques coups de refouloir ménagés lui font occuper la largeur disponible. Enfin un tampon d'ouate, bien humecté mais non ruisselant, achève de remplir le logis. Ce sera la source d'une humidité permanente, conforme à celle des profondeurs où la mère établit sa famille ; les vivres seront de la sorte maintenus souples, tels que les exige le jeune consommateur.

Cette souplesse du manger et la sapidité qu'amène la fermentation à la faveur de l'humide, ne sont probablement pas étrangères à l'instinct des fouilles profondes, lors de la nidification. Que veulent en réalité les parents, dans leur forage énorme de profondeur ? Creusent-ils dans le but de leur propre bien-être ? Descendent-ils si bas afin d'y trouver température et fraîcheur agréables lorsque séviront les torridités estivales ?

En aucune manière. Robustes de tempérament et amis des caresses du soleil non moins bien que les autres insectes, ils n'ont pour demeure l'un et l'autre, tant que le ménage n'est pas fondé, qu'un chalet médiocre, en bonne exposition. Les rudesses de l'hiver ne leur imposent pas même de meilleur abri. A l'heure des nids, c'est une autre affaire. Ils plongent dans le sol et s'exténuent en fouilles illimitées. Pourquoi ?

Parce que la prospérité de la larve exige nourriture souple et de digestion aisée. Éclose au mois de juin, elle

doit trouver sous la dent des vivres tendres lorsque les chaleurs de l'été cuisent le sol comme brique. La menue saucisse, à la profondeur d'un empan ou deux, deviendrait chose racornie, immangeable ; le ver périrait incapable de mordre sur la dure pièce. Il importe donc que les victuailles soient descendues en cave, à des profondeurs où les plus violents coups de soleil n'amènent jamais la dessiccation.

Les divers bousiers s'adressent tous à des matériaux récents, doués en plein de leurs vertus sapides et plastiques. A ce goût du souple, le Minotaure fait une étrange exception : il lui faut du vieux, de l'aride. Dans mes volières non plus que dans les champs, je ne le vois jamais cueillir les pilules d'émission récente ; il les veut boucanées par une longue exposition aux rayons du soleil.

Mais pour convenir au ver, délicat gourmet, le mets doit se mijoter au moins quatre semaines, se bonifier par la fermentation dans un milieu saturé d'humidité. A l'aride pain de foin succède ainsi la brioche ; à la grossière saucisse, l'onctueux cervelas. Comme laboratoire du manger des fils s'impose donc une officine très profonde où la sécheresse de l'été jamais ne pénètre, si longtemps qu'elle se prolonge. Là s'assouplissent, au degré voulu, là prennent saveur des rogatons qu'aucun autre membre de la corporation stercoraire ne s'avise d'utiliser, faute d'un atelier de ramollissement. Le Minotaure en a le monopole, et pour bien s'acquitter de sa mission, il a l'instinct des sondages énormes. L'aridité des victuailles a fait du bousier à trident un puisatier hors ligne. Un croûton a décidé de ses talents.

Autrefois, les Géotrupes, cousins du Minotaure, me valaient une délicieuse rareté : la longue association à deux, le vrai ménage travaillant de concert au bien-être des fils. D'un même zèle, Philémon et Baucis, comme je les appelais alors, préparaient le gîte et les vivres des jeunes. Philémon, plus vigoureux, comprimait les con-

serves sous la poussée de ses brassards cataleptiques ; Baucis exploitait le monceau de la surface, choisissait le meilleur et descendait par brassées de quoi continuer l'énorme saucisson. C'était superbe ; le père faisant fonction de compresseur et la mère épluchant.

Un nuage jetait de l'ombre sur l'exquis tableau. Mes sujets occupaient une volière où toute visite exigeait, de ma part, une fouille, discrète il est vrai mais suffisante pour effrayer les travailleurs et les immobiliser. Prodigue de patience et d'épreuves, j'obtenais de la sorte une série d'instantanées que la logique des choses, délicat cinématographe, assemblait après en scène vivante. Je désirais mieux, j'aurais voulu suivre le couple en action continue, du commencement à la fin de l'ouvrage. Je dus y renoncer, tant il me parut impossible d'assister, sans fouilles perturbatrices, aux mystères du sous-sol.

Aujourd'hui me revient l'ambition de l'impossible. Le Minotaure s'annonce comme un émule des Géotrupes ; il paraît même leur être supérieur en qualités familiales. Je me propose d'en surveiller les actes sous terre, à la profondeur d'un mètre et davantage, tout à mon aise, sans distraire en rien l'insecte de ses occupations. Il me faudrait ici le regard du Lynx, capable, dit-on, de sonder l'opaque, et je n'ai que l'ingéniosité pour essayer de voir clair dans le ténébreux.

La direction du terrier me fait déjà entrevoir que mon projet n'est pas tout à fait insensé. En ses fouilles de nidification, s'il ne rencontre pas l'obstacle d'une pierre, le Minotaure descend toujours suivant la verticale; le fil à plomb n'est guère plus fidèle aux règles de la pesanteur. S'il opérait à l'aventure, en des voies désordonnées, l'excavateur exigerait un sol illimité, hors de proportion avec les moyens dont je dispose. Son invariable verticale m'avertit que je n'ai pas à me préoccuper de la masse sablonneuse, mais uniquement de la profondeur de la

couche. Dans ces conditions, l'entreprise ne me semble pas déraisonnable.

J'ai de fortune un gros tube de verre détourné de la chimie et mis au service de l'entomologie. La longueur en est d'un mètre environ, et le calibre de trois centimètres. Tenu vertical, il suffira au terrier du Minotaure. Je le ferme d'un bout avec un bouchon ; je le remplis d'un mélange de sable et de terre argileuse fraîche, mélange que je tasse par couches avec une baguette de fusil. Cette colonne sera le terrain livré au travail du fouisseur. Mais il faut le tenir d'aplomb et le compléter avec divers accessoires nécessaires à son bon fonctionnement.

A cet effet, trois bambous sont implantés dans la terre d'un grand pot à fleurs. Assemblés au sommet, ils forment un trépied, charpente de soutien pour tout l'édifice. Au centre de la base triangulaire le tube est dressé. Une terrine dont j'ai percé le fond, reçoit l'embouchure du tube, débordant un peu. Ainsi, autour de l'orifice du puits, sera représentée l'aire où l'insecte pourra librement vaquer à ses affaires, soit pour rejeter les déblais de sa galerie, soit pour cueillir les vivres environnants. Enfin une cloche de verre enchâssée dans la terrine, prévient l'évasion et conserve l'humidité nécessaire.

Le diamètre du tube est environ le double de celui du terrier naturel. S'il creuse suivant l'axe, l'insecte a donc au delà du large voulu, et obtiendra un canal revêtu de partout d'une paroi de sable de quelques millimètres d'épaisseur. Il est à présumer cependant que le fouisseur, étranger aux précisions géométriques, et ignorant les conditions qui lui sont faites, ne tiendra pas compte de l'axe, s'en détournera, soit d'un côté soit de l'autre. En outre, le moindre surcroît de résistance dans le milieu traversé le fera dévier un peu tantôt par ici et tantôt par là. Alors, en divers points, la paroi de verre sera totalement dénudée ; il s'y formera des fenêtres, des jours, sur lesquels

je compte pour me rendre l'observation possible, mais qui seront odieux au travailleur, ami de l'obscur.

Pour me réserver ces fenêtres et les épargner à l'insecte, j'enveloppe le tube de quelques étuis de carton, qui peuvent glisser à frottement doux et rentrer l'un dans l'autre. Avec ce dispositif, aux moments requis et sans distraire l'insecte de son ouvrage, je peux, tour à tour, d'un simple coup de pouce, obtenir le jour pour moi, l'obscurité pour lui. La disposition des étuis mobiles, s'élevant ou s'abaissant, permet l'examen du tube d'un bout à l'autre à mesure que les accidents du forage ouvrent des fenêtres nouvelles.

Vers la fin de mars, j'exhume un couple au moment où commencent les grandes fouilles de la nidification. Je l'établis dans mon appareil. Au cas où des vivres seraient nécessaires comme réconfort pendant le laborieux forage du puits, quelques crottins de mouton sont déposés sous la cloche, à proximité de l'orifice du tube. Peu après leur installation, les captifs, remis de leur émoi, vaillamment travaillent. Comme je le prévoyais, la fouille est excentrique, ce qui amène dans la paroi sablonneuse quelques vides où le verre est à nu. Ces lucarnes ne sont pas des plus nettes; néanmoins, sous une incidence favorable de la lumière, elles me permettent de suivre les curieuses choses qui se passent dans le tube.

Je revois à loisir et d'une façon durable ce que l'exténuante visite des terriers naturels m'avait appris par rares et brèves apparitions. La mère est toujours en avant, à la place d'honneur, dans la cuvette d'attaque. Seule, de son chaperon elle laboure; seule, de la herse de ses bras dentés elle râtisse, elle fouit, non relayée par son compagnon. Le père est toujours en arrière, fort occupé lui aussi, mais d'une autre besogne. Sa fonction est de véhiculer au dehors les terres abattues et de faire place nette à mesure que la fouisseuse approfondit la galerie.

Son travail de manœuvre n'est pas petite affaire ; nous

pouvons en juger par la taupinée qu'il élève au-dessus du terrier. C'est un volumineux monceau de bouchons de terre, de cylindres mesurant la plupart un pouce de longueur et d'un calibre égal à celui du terrier. Cela se voit au seul examen des pièces : le déblayeur opère par blocs. Il ne transporte pas miette à miette les produits de l'excavation comme le font les fourmis ; il les expulse par agglomérés énormes.

Il se tient aux talons de la fouisseuse, ramenant par brassées devers lui les terres remuées. Il les pétrit, il les amalgame en un tampon. Puis, le trident enfoncé dans le paquet ainsi qu'une fourche dans la botte de foin que l'on monte au grenier, les pattes antérieures retenant le fardeau et l'empêchant de s'émietter, les quatre autres convulsées sur la paroi, il pousse de toute son énergie. Et cela s'ébranle, et cela monte, très lentement il est vrai. Le bloc atteint l'embouchure. Une dernière poussée le culbute sur la pente.

Ce travail dure près d'un mois, et pendant cette longue période de grande fatigue, les deux collaborateurs ne prennent aucune réfection. J'avais servi au début, comme provision, dix pilules répandues à la surface. Je les retrouve à la fin intactes et en même nombre. Les insectes n'y ont absolument pas touché. Pour un labeur bien moins pénible, il faut aux paysans mes voisins, âpres remueurs de terre, quatre repas par jour. Ah ! que le Minotaure leur est supérieur ! Un mois durant et plus, sans nourriture aucune, il accomplit besogne exténuante, toujours vigoureux, toujours dispos.

Enfin le terrier est prêt. L'heure est venue d'y établir la famille. J'en suis averti par la sortie du père qui, pour la première fois, émerge et vient au grand jour. Il explore, très affairé, l'aire de la terrine. Que cherche-t-il ? Apparemment des vivres pour la nitée prochaine. C'est pour moi le moment d'intervenir.

Afin de rendre l'observation aisée, je fais place nette,

je déblaie le local de sa taupinée de sable sous laquelle sont ensevelies les victuailles servies au début et non employées. Je les remplace par douze pilules nouvelles. D'autres viendront plus tard, à mesure qu'il en sera besoin.

Le résultat de ces préparatifs ne se fait guère attendre. Le soir même, me tenant au guet à distance, je surprends le père qui sort de chez lui. Il va aux pilules, en choisit une à sa convenance ; à petits coups de boutoir, il la fait rouler ainsi qu'un tonnelet. Je m'approche doucement afin de mieux voir la manœuvre. Aussitôt l'insecte, timide à l'excès, abandonne sa pièce et plonge dans le puits. Il m'a vu, le méfiant ; il s'est aperçu de quelque chose d'énorme et de suspect se mouvant à proximité. C'est plus qu'il n'en faut pour l'inquiéter et lui faire suspendre la récolte. Il ne reparaîtra que lorsque sera revenue tranquillité parfaite.

Me voilà averti : patience et discrétion extrêmes me sont imposées si je veux assister à la collecte des vivres. Je me le tiens pour dit ; je suis discret et patient. Les jours suivants, à des heures diverses, je recommence mes tentatives, si bien que le succès me dédommage de mes guets assidus.

Je vois et je revois le Minotaure en tournée de récolte. C'est toujours le mâle, et le mâle seul, qui sort et vient aux vivres. La mère au grand jamais ne se montre, retenue qu'elle est au fond du terrier par d'autres occupations. Les apports se font avec parcimonie. Là-bas dessous, paraît-il, les apprêts culinaires sont de minutieuse lenteur. Il faut donner le temps à la ménagère d'élaborer les pièces descendues avant d'en amener d'autres qui encombreraient l'officine et gêneraient la manipulation. En dix jours, à partir du 13 avril, date de la première sortie du mâle, je relève l'emmagasinement de vingt-trois pilules.

Essayons d'entrevoir dans l'intimité les actes du ménage. Le père sort, choisit une pilule dont la longueur

est légèrement supérieure au diamètre du puits. Il l'achemine vers l'embouchure, soit à reculons en l'entraînant avec les pattes antérieures, soit de façon directe en la faisant rouler à coups de chaperon. Arrivé au bord de l'orifice, va-t-il, d'une dernière poussée, précipiter la pièce dans le gouffre ? Nullement ; il a des projets non compatibles avec une brutale chute.

Il entre, enlaçant des pattes la pilule qu'il a soin d'introduire par un bout. Parvenu à une certaine distance du fond, il lui suffit d'obliquer légèrement la pièce pour que celle-ci, à raison de l'excès d'ampleur de son grand axe, trouve appui par ses deux extrémités contre la paroi du canal. Ainsi s'obtient une sorte de plancher temporaire apte à recevoir la charge de trois ou quatre pilules. Le tout est l'atelier où va travailler le père, sans dérangement aucun pour la mère, occupée elle-même en dessous; c'est le moulin d'où va descendre la semoule destinée à la confection du gâteau.

Le meunier est bien outillé. Voyez son trident. Sur le corselet, solide base, se dressent trois épieux, les deux latéraux longs, le médian court, tous les trois dirigés en avant. A quoi bon cette machine ? On n'y verrait d'abord qu'une parure, qu'un atour de la coquetterie masculine, comme la corporation des bousiers en porte tant d'autres, de forme très variée. Or c'est ici mieux qu'un ornement ; aux élégances de la parure, le Minotaure adjoint l'utile.

Les trois pointes inégales décrivent un arc concave dans lequel peut s'engager la rotondité d'un crottin. Sur son incomplet et branlant plancher où la station exige l'emploi des quatre pattes d'arrière appuyées sur la paroi du canal, comment fera l'insecte pour maintenir fixe sa glissante olive et la fragmenter ? Voyons-le à l'œuvre. Se baissant un peu, il implante sa fourche dans la pièce, dès lors immobilisée, prise qu'elle est dans la lunule de l'outil. A la faveur de cette espèce d'étau, les pattes antérieures sont libres ; de leurs brassards à dentelures,

elles peuvent scier le morceau, le dilacérer, le réduire en parcelles, qui tombent à mesure par les vides du plancher, et arrivent là-bas à la mère.

Ce qui descend de chez le meunier, n'est certes pas une farine passée au blutoir, mais bien une grossière semoule, mélange de débris poudreux et de morceaux à peine concassés. Si incomplète qu'elle soit, cette trituration préalable sera d'un grand secours pour la mère, en méticuleux travail de panification ; elle abrégera l'ouvrage, elle permettra la rapide séparation du médiocre et de l'excellent. Lorsque, à l'étage d'en haut, tout est trituré, même le plancher, le meunier cornu remonte à l'air libre, fait nouvelle récolte et recommence, tout à loisir, sa besogne d'émiettement.

La boulangère, de son côté, n'est pas inactive en son officine. Elle cueille les lopins pleuvant autour d'elle, les subdivise davantage, les affine, en fait triage, ceci plus tendre pour la mie centrale, cela plus coriace pour la croûte de la miche. Virant d'ici, virant de là, elle tapote la matière avec les battoirs de ses bras aplatis ; elle dispose par couches, comprimées après à l'aide d'un piétinement sur place, pareil à celui du vigneron foulant sa vendange. Rendue ferme et compacte, la masse deviendra de meilleure conservation. En dix jours environ de soins combinés, le ménage obtient enfin le long pain cylindrique. Le père a fourni la mouture, la mère a pétri.

Le 24 avril, tout étant bien en ordre, le mâle sort du tube de l'appareil. Il erre sous la cloche, insoucieux de ma présence, lui si craintif d'abord et plongeant dans le puits dès qu'il m'apercevait. Le manger lui est indifférent. Quelques pilules restent à la surface. A tout instant il les rencontre ; il passe outre, dédaigneux. Il n'a qu'un désir, s'en aller au plus vite. Cela se voit à ses inquiètes marches et contremarches, à ses continuels essais d'escalade contre la muraille de verre. Il culbute, se remet sur pieds, indéfiniment recommence, oublieux du terrier, où jamais

plus il ne rentrera. Je laisse le désespéré s'exténuer vingt-quatre heures en vaines tentatives d'évasion.

Venons à son aide maintenant, donnons-lui la liberté. Mais non : ce serait le perdre de vue et ignorer le but de son agitation. J'ai une volière très vaste et inoccupée. J'y loge le Minotaure ; il y trouvera ampleur d'espace pour l'essor ; de plus, victuailles choisies et rayon de soleil, s'il a besoin d'un cordial après tant de fatigues. Le lendemain, malgré tout ce bien-être, je le trouve affalé sur l'échine et les pattes raidies. Il est mort.

Le vaillant, une fois ses devoirs de père de famille bien remplis, se sentait défaillir, et telle était la cause de son agitation. Il voulait aller mourir à l'écart, bien loin, pour ne pas souiller la demeure d'un cadavre et troubler la veuve dans la suite des affaires. J'admire cette stoïque résignation de la bête.

Si c'était là un fait isolé, fortuit, conséquence peut-être d'une installation défectueuse, il n'y aurait pas lieu d'insister sur le trépassé de mon appareil ; mais voici qui aggrave la chose. Dans la campagne, aux approches de mai, il m'arrive fréquemment de rencontrer des Minotaures desséchés au soleil ; et ces défunts sont des mâles, toujours des mâles, à de bien rares exceptions près.

Une autre donnée, très significative, m'est fournie par une volière où j'ai essayé d'élever l'insecte à bien des reprises. La couche de terre, d'une paire d'empans d'épaisseur, n'est pas assez profonde, et les internés ont refusé d'y nidifier. Les autres travaux, d'usage courant, s'y accomplissaient suivant les règles. Or voici qu'à partir de la fin d'avril, les mâles remontent à la surface, maintenant l'un, plus tard tel et tel autre. Une paire de jours, ils errent sur le treillis, désireux de s'enfuir. Enfin ils tombent, se couchent sur le dos et doucement se laissent mourir. Ils sont tués par l'âge, inexorable épidémie.

Dans la première semaine de juin, je fouille de fond en comble le sol de la volière. Des quinze mâles que j'avais

au début, il ne m'en reste plus un. Tous ont péri ; seules, les femelles persistent. La dure loi est donc formelle : après avoir collaboré de ses râteaux et de sa hotte au long forage du puits, après avoir trituré la semoule de la première galette, le laborieux encorné doit trépasser au loin, hors du logis.

Avant d'abandonner le défunt, récapitulons ses mérites. Lorsque s'approche la fin de l'hiver, il fait choix d'une compagne, s'enterre avec elle et désormais lui reste fidèle. Malgré ses fréquentes sorties et les rencontres qui peuvent en résulter, il tient pour indissolubles les liens matrimoniaux. D'un zèle que rien ne lasse, il vient en aide à la fouisseuse, éminemment casanière. Un mois durant et plus, il charge les déblais sur sa hotte fourchue ; il les refoule au dehors, toujours patient, non découragé par la rude escalade, si fréquemment recommencée. Il laisse à la mère le travail modéré des fouilles ; il garde pour lui le plus pénible, l'exténuant charroi dans une étroite galerie très longue et verticale.

Puis le manœuvre terrassier se fait récolteur de victuailles ; il va aux provisions, il cueille de quoi nourrir la famille. Pour faciliter l'ouvrage de sa compagne, qui choisit, stratifie et comprime les conserves, il change encore de métier et devient triturateur. A quelque distance du fond, sur une estrade temporaire, il concasse, il émiette les pilules qu'a durcies le soleil ; il en fait farine qui pleut à mesure dans la boulangerie maternelle. Finalement, épuisé d'efforts, il quitte le logis et va mourir à l'écart, en plein air. Vaillamment il a rempli ses devoirs de père de famille ; il s'est dépensé sans réserve pour le bien-être des siens.

Si de telles choses se passaient, non dans le monde des bousiers, mais dans le nôtre, nous dirions que c'est de la morale, et de la belle morale. L'expression serait déplacée. La bête n'a pas de morale. L'homme seul la connaît, l'améliorant à mesure que le renseignent les lentes éclair-

cies de la conscience, ce délicat miroir où se concentre ce qu'il y a de mieux en nous.

Oui, au milieu de l'indifférence générale du père pour ses fils, le Minotaure est, à l'égard des siens, d'un zèle bien étonnant. Oublieux de lui-même, non séduit par les ivresses du printemps, alors qu'il ferait si bon voir le pays, banqueter avec ses confrères et lutiner les voisines, opiniâtrement il travaille sous terre, il s'exténue pour laisser un avoir à sa famille. Enfin épuisé, il quitte la fabrique de conserves, il s'en va mourir à l'écart en laissant la mère continuer seule les affaires de la maison. Lorsqu'il raidit pour la dernière fois ses pattes, celui-là peut se dire : j'ai fait mon devoir.

Or, d'où sont venues à ce laborieux telle abnégation et telle ferveur pour le bien-être des fils ? On nous dit qu'il les a acquises par un lent progrès du médiocre au meilleur, du meilleur à l'excellent. Des circonstances fortuites, aujourd'hui contraires, demain favorables, ont été ses maîtres. Il a appris par expérience ; il évolue, progresse, s'améliore.

Dans son étroite cervelle de bousier, les leçons du passé laissent empreintes durables qui, mûries par le temps, germent en actes mieux combinés. Le besoin est le suprême inspirateur des instincts. Aiguillonné par la nécessité et tiraillé en sens divers dans le conflit perpétuel des choses, l'animal est lui-même son ouvrier ; par ses propres énergies d'évolution, il s'est fait tel qu'il nous est connu. Ses mœurs, ses aptitudes, ses industries, sont les intégrales d'infiniment petits acquis sur la route de l'insondable durée.

Ainsi dit la théorie. Les faits interviennent alors et soumettent la difficulté suivante. Le gâteau que vient de boulanger la collaboration du couple est la ration d'un ver, absolument d'un seul. Il en faut au moins deux pour que la race se perpétue l'an prochain. A coup sûr, il doit même y en avoir davantage, car sont à prévoir des acci-

dents causes de mortalité. Il importe qu'il y en ait le plus possible afin que la race devienne nombreuse et gagne en prospérité.

Or, qu'arrive-t-il? Il arrive qu'une fois le premier gâteau préparé, le père quitte le terrier. Le mitron abandonne la boulangère et va trépasser au loin. La ponte n'étant pas terminée, la survivante doit désormais continuer l'ouvrage, sans aide. Le profond terrier, si dispendieux de temps et de fatigue, est prêt, il est vrai ; est prête aussi la ration du premier-né de la famille ; mais il reste à pourvoir les suivants, qu'il serait avantageux d'élever en aussi grand nombre que possible. L'établissement de chacun nécessite que la mère, sédentaire jusque-là, sorte fréquemment du logis. La casanière se fait quêteuse de vivres ; elle va cueillir les pilules dans le voisinage, les roule vers le puits, les emmagasine, les triture, les pétrit, les empile en cylindres.

Et c'est en ce moment de fébrile activité que le père abandonne sa compagne ! Il donnera pour excuse l'âge, la décrépitude. Ce n'est pas le vouloir qui lui manque, c'est la force. Ses jours sont comptés. Se sentant défaillir, il se retire à regret.

On pourrait lui répondre : puisque d'un petit progrès à l'autre, à travers les siècles, l'évolution t'a fait inventer d'abord le ménage, incomparable trouvaille, puis la crypte profonde, favorable au bon état des conserves pendant les chaleurs de l'été, la trituration, qui assouplit et dompte l'aride, la mise en saucisse où la matière fermente et se bonifie, cette même évolution, qu'on dit capable de tant de merveilles, ne pouvait-elle t'enseigner aussi à prolonger ta vigueur de quelques semaines ? A l'aide d'une sélection sévère des mieux constitués, l'affaire paraît toute simple.

Elle qui t'a instruit, dit-on, dans ton art difficile, t'a laissé cependant ignorer un détail très important et d'exécution aisée. Pourquoi ? Apparemment parce qu'elle ne

t'a rien appris du tout, ni ménage, ni collaboration à deux, ni terrier, ni boulangerie. Ton évolution est permanence. Tu t'agites dans un cercle de rayon inextensible. Tu es et tu resteras ce que tu étais quand fut emmagasinée la première pilule.

Cela n'explique rien. D'accord. Nous touchons à la falaise de l'inconnaissable. Sur cette falaise devrait se graver ce que le Dante met sur la porte de son Enfer : *lasciate ogni speranza !* Oui, nous tous qui, dressés sur un atome, nous figurons monter à l'assaut de l'univers, laissons ici l'espérance. Le sanctuaire des origines ne s'ouvrira pas.

J.-H. Fabre.

LA FORÊT

GAULOISE, FRANQUE ET FRANÇAISE

De même que l'économie générale d'un peuple est fatalement liée à l'histoire de ce peuple, ainsi l'économie spéciale d'un des éléments importants de son bien-être et de sa richesse est non moins nécessairement liée à l'histoire de cet élément. En exposant naguère, ici-même, l'*Utilité économique et physique des Forêts* (1), nous avons laissé de côté leur histoire dans le pays de France ; c'est cette histoire qu'il s'agit aujourd'hui d'esquisser.

Notre guide, dans l'article précité, avait été le tome Ier d'un important ouvrage dû à un auteur à la fois praticien, savant et érudit (2). Il le sera encore. Point exclusivement toutefois ; de temps à autre il nous arrivera de recourir à d'autres sources, sans d'autre part nous astreindre à suivre l'ordre adopté par l'auteur ; et comme c'est le droit, en même temps l'honneur, de quiconque tient une plume, de conserver la liberté de ses appréciations, les nôtres s'écarteront parfois de celles de l'éminent écrivain. Dans une étude de ce genre, comme le côté technique est fréquemment mêlé à l'histoire générale, les points de vue peuvent différer d'auteur à auteur dans les détails de cet ordre.

(1) Rev. Quest. scient., juillet 1905.

(2) *Economie forestière*, par G. Huffel, inspecteur des Eaux et Forêts, professeur à l'Ecole forestière de Nancy. 3 vol. gr. in-8°. — Paris, Laveur.

D'ailleurs, bien d'autres questions seraient encore à traiter et pourraient faire l'objet de nouvelles études avant que soit épuisé le vaste sujet abordé par l'auteur avec une si haute compétence. Le mouvement commercial des bois, la statistique forestière, la dendrométrie ou art d'apprécier exactement le volume des bois suivant les diverses destinations auxquelles ils sont propres ; l'examen analytique de la formation du produit de la forêt ; l'estimation des bois en fonds et superficie, l'aménagement : autant de questions qui prêteraient à d'intéressants développements.

Pour aujourd'hui, nous nous bornerons aux points suivants :

Description comparative des forêts actuelles avec les immenses surfaces de jadis dont elles sont les débris.

Exposé des vicissitudes qu'a traversées le sol boisé, en France, à toutes les époques.

Aperçus historiques de la gestion générale des forêts pendant le moyen âge et jusqu'à Henri IV, sous l'Ancien Régime, et de la Révolution jusqu'à la fin du second Empire.

Enfin quelques données sur le cas particulier des forêts communales et des forêts privées.

I

LES DÉBRIS DES ANTIQUES FORÊTS GAULOISES

On peut admettre qu'à l'époque où Jules César pénétra dans les Gaules, la moitié au moins de cette vaste contrée était couverte par la végétation forestière, les parties défrichées et sédentairement habitées étant d'ailleurs fort irrégulièrement réparties, et se rencontrant principalement dans les vallées des grands cours d'eau.

Au delà, l'immense forêt Hercynienne (*Saltus hyrceni-*

cus), dont les forêts de la région appelée Forêt-Noire ne sont que de faibles lambeaux (1), n'était séparée que par le Rhin du massif qui couvrait les Ardennes et faisait corps avec celui des Vosges dont nous parlerons tout à l'heure.

Les forêts actuelles de MORMAL (10 000 hectares) et de SAINT-AMAND (5000 hectares), de CRÉCY et autres en Picardie ; la belle forêt de SOIGNES près de Bruxelles, et cette autre, à l'État français, de SIGNY L'ABBAYE à sept ou huit lieues à l'ouest de Mézières (3200 hectares), sont les restes d'une vaste masse boisée à laquelle on donnait, aux temps mérovingiens, le nom de *Carbonaria Sylva*. L'espèce de presqu'île formée par la Seine et la Marne entre le plateau de Langres et Paris, était couverte et débordée par une voûte feuillée qui comprenait les forêts de PERTH et de DERS près de Vitry et de Vassy ; la *Sylva major* dans la plaine de Châlons (Champs catalauniques), où Attila fut vaincu par Aétius ; le *Saltus Rigetius* (pays de Reims) ; l'*Otta Usta Sylva* couvrant toute la Champagne méridionale.

Leurs derniers débris sont aujourd'hui représentés par les montagnes de Reims et les forêts de SÉNART en Seine-et-Oise (2500 hectares, à l'État), d'ARMAINVILLIERS en Seine-et-Marne (8000 hectares, à divers), de FONTAINEBLEAU (2)

(1) D'après Jules César, le *Saltus Hercynius*, « l'Ardenne de l'Allemagne », dit Alfred Maury, s'étendait des limites des Helvètes, des Némètes et des Rauraques (ce qui correspond assez bien aux sources et hauts bassins du Rhône et du Rhin) jusqu'à la Dacie, c'est-à-dire jusqu'aux côtes occidentales de la mer Noire (Cf. J. César : *De bello gallico*, lib. VI, cap. XXV ; et Alfred Maury : *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France*.

(2) Nous avons dit naguère (REV. QUEST. SCIENT., juillet 1903) que la forêt de Fontainebleau remontait seulement au xe siècle, commencée par les soins du roi de France Robert Ier. La contradiction n'est qu'apparente. Avant l'occupation romaine, le pays de Fontainebleau faisait partie des *Marches* boisées qui séparaient les Sénones des Carnutes et qui constituaient pour les Gaulois un bien commun. Par la suite, ces Marches subirent les vicissitudes diverses nées de la domination romaine, des invasions du ve siècle et des dynasties mérovingienne et carolingienne. Lors de l'établissement de la féodalité, l'ancienne Marche indivise fut partagée en divers fiefs ressortissant soit à la mouvance de Moret, soit à celle de Melun. Le roi Robert acheta le comté de Melun ainsi que les fiefs de plusieurs seigneurs

(16 900 hectares (1), à l'État) et d'Othe (État, communes et divers), entre Joigny et Troyes.

D'autre part, le groupe montagneux des Vosges que revêt aujourd'hui une sapinière de 80 kilomètres de long sur 8 à 15 de large, et « d'une contenance de 80 000 hectares presque d'un seul tenant » (2), faisait corps au nord et à l'ouest avec la *Carbonaria*, tandis qu'elle confinait au sud avec les croupes et plateaux boisés de la chaîne du Jura formant le vaste *Saltus Sequanus*, où l'on trouve encore aujourd'hui les beaux massifs résineux de La Joux, dans le département du Jura, aux confins du Doubs, et de Levier dans le Doubs, couvrant chacun une surface de 2600 à 2700 hectares, mais remarquables surtout par la beauté de la végétation, la régularité des peuplements et les magnifiques dimensions des arbres (3). Contraste remarquable avec les peuplements forestiers des Ardennes, réduits à de maigres taillis simples sur de froids et marécageux plateaux de l'ère primaire (4).

des environs, notamment dans les bois dits de *Bierce* où il aimait à chasser, et constitua ainsi peu à peu le domaine royal qui devint la forêt de Fontainebleau (Cf. L'*Histoire de la forêt de Fontainebleau*, par Paul Domet, sous-inspecteur des forêts, chap. 1er. Paris, Hachette, 1873).

(1) 17 104 hectares, d'après l'*Histoire* précitée. Mais, dans cette contenance étaient compris les chemins publics, dont le nombre s'est sensiblement accru depuis lors. D'autre part, sont en dehors de ce chiffre les chemins de fer, l'aqueduc de la Vanne, les maisons forestières avec le terrain affecté à chacune d'elles et enfin le cimetière de la ville (*Hist. for. de Fontainebleau*, p. 39).

(2) Huffel, *loc. cit.*, p. 349.

(3) Dans le Bulletin de Sylviculture (Revue des recueils périodiques) de ce recueil, livraison de janvier 1905, nous avons signalé les dimensions surprenantes d'un sapin récemment abattu dans la forêt de Levier et que, vu sa supériorité sur ses voisins, on avait surnommé *Le Président*. M. Huffel donne les dimensions exactement mesurées d'un autre sapin non moins remarquable, situé dans la forêt de La Joux et encore sur pied. La hauteur totale en est de 49 mètres, dont 28 de fût propre au bois d'œuvre; son diamètre à hauteur d'homme est de 1m,52, et, pris au milieu de la longueur du fût (24m,50), de 1m,10. M. Huffel lui attribue un volume de 50 mètres cubes dont 45 en bois d'œuvre; il ajoute : « Cet arbre était encore vigoureux il y a quelques années. Il est entouré de plusieurs autres qui l'égalent presque en dimensions. » (*Loc. cit.*, p. 353).

(4) Huffel, *loc. cit.*, p. 344.

Les bois et forêts qui font le charme des plaines des environs de Paris : CHANTILLY, donné à l'État sous le vocable de l'Institut par Mgr le duc d'Aumale et formant avec les forêts domaniales d'ERMENONVILLE et d'HALATTE une couronne verdoyante de 10 000 hectares autour de Senlis (1) ; SAINT-GERMAIN, MARLY, MEUDON, les bois de BOULOGNE et de VINCENNES ; celui de CHAILLOT, du celtique *Chall* qui signifie *renversement* et dont proviendrait le terme de *chablis* pour désigner les arbres renversés ou brisés par le vent (2) ; RETZ, avec ses 13 000 hectares environnant Villers-Cotterets, et sa voisine étendant entre celle-ci et la ville de COMPIÈGNE ses 15 000 hectares que renforcent de près de 5000 autres hectares LAIGNE et OURSCAMP ; SAINT-GOBAIN et COUCY comprenant ensemble 7000 hectares sans compter les bois particuliers faisant corps avec elles ; les uns et les autres, débris des anciennes *sylvæ* gallo-romaines *Vernensis* et *Selvensis* ; toutes ces vastes étendues ne sont plus que des tronçons de l'immense *Cotia sylva* ou Forêt *Cuise* qui, aux temps gallo-romains, couvrait la contrée tout entière et confinait, au nord-est, à la *Carbonaria*. C'est dans cette masse ininterrompue que les légions romaines purent cheminer plusieurs semaines sans trouver la lisière.

Entre la Seine et la Loire moyenne, dans les bassins de ces deux fleuves et de leurs affluents, nommons encore les forêts de LYONS aux hêtres séculaires, d'EAWY, de ROUMARE, de BROTONNE, de CONCHES et de BRETEUIL formant un ensemble de 15 000 hectares ; celles de SENONCHES, de DREUX, de RAMBOUILLET, d'ANDAINE, d'ÉCOUVES et surtout de BELLÊME dans le Perche (débris de la *Sylva pertica*), l'une des plus belles de la France actuelle, encore que d'une étendue relativement médiocre

(1) Senlis, en latin *Sylvanectum* (Alfred Maury, *Les Forêts de la Gaule*).
(2) A. Ysabeau, dans les ANNALES FORESTIÈRES, 1854 : *Les Forêts du Globe*.

(2240 hect.), mais remarquable par la riche végétation de ses peuplements de chêne rouvre et de hêtre. Il convient de mentionner également la forêt de Blois, à 3 kilomètres du château de ce nom, mais qui s'étendait au XVIe siècle encore jusqu'à ses portes : avec celles de Bercé, de Bussy et de Loches, elle représente le paradis du chêne qui y croît avec une vigueur extraordinaire, et y forme les plus belles futaies qu'on puisse voir.

La forêt d'Orléans est surtout remarquable par son étendue qui n'est pas inférieure à 40 000 hectares, dont plus des trois quarts à l'État. Aux Ve et VIe siècles, où d'importants défrichements avaient déjà livré à la culture bon nombre des massifs forestiers d'antan, la forêt qui entourait *Genabum* (1) ne comptait pas moins encore de 140 500 hectares (2), formant, il est vrai, une seule masse avec la primitive forêt de Fontainebleau. Telle qu'elle est aujourd'hui, la forêt d'Orléans, dans laquelle les résineux (pin sylvestre) ne comptent que pour les trois dixièmes du peuplement, est, dit M. Huffel, « le plus grand massif feuillu existant en France ». Elle forme, avec la forêt de Montargis, ce qui nous reste de l'immense *Sylva Leodica* gallo-romaine.

Tout cet ensemble représente une surface boisée de 185 000 kilomètres carrés.

Dans la région comprenant la Normandie occidentale, la Bretagne, l'Anjou, le Poitou, la Saintonge, la Marche et le Limousin, on compte ensemble 8180 kilomètres carrés de forêts appartenant pour 7670 à des particuliers,

(1) Nom romain de la ville d'Orléans, d'après la plupart des auteurs et notamment Alfred Maury : *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France*. — L'auteur d'un ouvrage sur *Les Hautes Montagnes du Doubs depuis les temps celtiques* (Paris, Bray, 1868), M. l'abbé Narbey, attribue, toutefois, l'appellation de Genabum à la ville actuelle de Gien. Malte-Brun pense que *Genabum* est plutôt un village près de Gien, aujourd'hui appelé le Vieux-Gien.

(2) Cf. *L'Histoire de la forêt d'Orléans*, par Paul Domet, ancien conservateur des forêts. Orléans, Herbuison, 1892.

qui les traitent, pour la majeure partie, en taillis simples de pauvre végétation et de maigres revenus. Les forêts domaniales sont mieux traitées : celle de GAVRE, au nord de Nantes, comprend 4500 hectares de chênes et de hêtres traités en futaie pleine ; celle de RENNES, de 2960 hectares, est peuplée pour un tiers de pin sylvestre, pour le surplus de chêne et autres feuillus. Les forêts de la Bretagne, et sans doute aussi une notable partie de ses vastes landes, dépendaient, à l'origine, de la vaste forêt de *Bréchéliant* souvent citée dans les romans de la Table ronde, et connue sous les diverses formes *Brocélian*, *Brechelant* ou *Barenton*. Citons encore, non plus en Bretagne, mais près de Niort (1), la forêt de CHISÉ, 4800 hectares de chêne et de hêtre traités en taillis composé (2). Antérieurement, aux VIIe et VIe siècles selon les uns (3), au XIe selon d'autres (4), on voyait encore, s'étendant à de grandes distances autour du Mont Saint-Michel et couvrant le terrain occupé aujourd'hui par la baie de ce nom, la forêt de Scissy, *Saltus Sessiacum*, disparue sous les eaux par suite d'un affaissement du sol ; il en est de même d'une large bande du littoral nord de l'Armorique et des côtes occidentales et septentrionales de la Normandie englobant les îles Chausey, Minquiers et Jersey. Des vestiges d'habitations et surtout de végétation ligneuse ont été retrouvés en mer sur tous les points de cet ancien littoral ; le Pavillon forestier du Trocadéro, à l'Exposition universelle de 1878 à Paris, montrait de nombreux échantillons de bois fossiles de diverses essences, bouleau, aune, saule, chêne, coudrier, etc., trouvées dans des fouilles de la plaine de Dol sauvée de l'envahissement des eaux par une vaste

(1) Alfred Maury, *loc. cit.*, p. 249.
(2) Huffel, *loc. cit.*, p. 382.
(3) L'abbé Hamard, *Le Gisement préhistorique du mont Dol.* Paris, R. Haton, F. Savy, 1877.
(4) Alfred Maury, *loc. cit.*, p. 254.

digue allant de Cancale au voisinage du Mont Saint-Michel.

Toute cette moitié septentrionale de la France actuelle, les départements de l'est exceptés, ne contient guère que 9 à 10 p. c., en moyenne, de son étendue à l'état de forêts ou terrains boisés, soit 6 à 7 p. c. dans la région nord-est, 7 à 8 p. c. au nord-ouest, 15 à 16 p. c. dans les bassins moyens de la Seine et de la Loire.

La région de l'est, qui comprend le bassin de la haute Moselle avec la Franche-Comté, la Bourgogne et le Nivernais, est beaucoup mieux partagée, contenant 190 000 kilomètres carrés de forêts de toutes essences, soit 28 p. c. de son étendue totale (1). On peut y ajouter le Bourbonnais avec ses 20 000 hectares de chênes et hêtres, où domine le *quercus robur*.

Aux temps où Jules César fit la conquête des Gaules, toute cette moitié septentrionale de ce qui est aujourd'hui la France avec la Belgique et la rive gauche du Rhin, était, sauf les vallées des principaux fleuves et rivières comme celles de *Liger* (Loire), de *Sequana* (Seine), d'*Arar* ou *Sagona* (Saône), d'*Isara* (Oise), de *Samara* (Somme), etc., à peu près exclusivement envahie par la forêt où vivaient des populations nomades et barbares, n'ayant d'autres moyens d'existence que la chasse, la pêche et le bétail ; quand elles avaient épuisé le fourrage d'un canton où, sous l'abri des arbres, se dressaient leurs huttes, elles décampaient pour aller s'installer ailleurs. Dans ces vastes étendues « de bois sombres, impénétrables, couvrant monts et vallées, les hauts plateaux comme les fonds marécageux », le Celte errant trouvait sa subsistance (2).

(1) Alfred Maury, *loc. cit.*, pp. 343-344.

(2) Cf. Alfred Maury, *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France*, édition de 1867, p. 45 ; et Montalembert, *Les Moines d'Occident*, t. II, p. 388 de l'édition in-12, 1868. Paris, Lecoffre, éditeur.

La moitié méridionale de la Gaule était un peu plus dégagée. Depuis plusieurs siècles les Phocéens exploitaient les bois et cultivaient le sol de la Provence (1), et l'Aquitaine était en partie défrichée. Une civilisation relativement développée y régnait. César s'étonnait que la nouvelle d'un événement accompli à *Genabum* (Orléans ou Gien) au lever du soleil, fut transmise avant son coucher chez les Arvernes à une distance d'environ cinquante-cinq lieues (cent soixante mille pas) (2); c'était au moyen de signaux, de feux, parfois de simples cris proférés de distance en distance, que se transmettaient ainsi les nouvelles importantes. — Les *Bituriges* (habitants du Berry) fabriquaient du fer après en avoir extrait le minerai. En Morvan les *Éduens*, en Dauphiné et en Savoie les *Allobroges* cultivaient le blé, les *Lémovices* (3) et les *Carduques* (4) le lin.

Ce n'est pas que la forêt ne fut encore et de beaucoup prédominante, entrecoupée de clairières et de marécages comme dans la partie septentrionale : *continentes sylvas ac paludes*. Ce qu'il en reste aujourd'hui est comparativement bien peu de chose. Ainsi, dans les dix départements environ composant la région granitique appelée par Élie de Beaumont *Plateau central*, on ne compte guère que les neuf centièmes de cette étendue qui soient à l'état de forêts, tandis qu'il existe des friches ou landes incultes que M. Huffel évalue à un million d'hectares, dont 300 000 s'étendraient dans les seuls départements de la Corrèze et de la Creuse. Sur d'autres points, quelques travaux de boisement ont donné d'excellents résultats ; et l'Auvergne proprement dite, qui en a eu l'initiative vers 1845 par les soins d'un Inspecteur des forêts à Clermont-Ferrand,

(1) Cf. de Ribbes, *La Provence au point de vue des bois et des inondations*, p. 25. Paris, Guillaumin, 1857.

(2) *Quod spatium est millium (passuum) circiter* CLX. J. César, *De bello gallico*, lib. VII, cap. 3, *in fine*.

(3) Limoges.

(4) Cahors.

M. Leclerc, compte aujourd'hui 5000 hectares ainsi repeuplés, la plus grande partie appartenant à des communes.

A l'est et au sud-est du Plateau ou Massif central se dressent, séparés de lui par la vallée du Rhône, les premiers versants et les hauts sommets de la partie française du massif des Alpes : Alpes de Savoie, du Dauphiné, Maritimes, Provençales, Vercors, Préalpes ; auxquelles on peut joindre le petit groupe granitique et porphyrique formant comme un îlot entre les versants triasiques des Alpes provençales au nord-ouest et la mer au sud-est, et connu sous le nom de Montagnes des Maures et de l'Esterel, dans le département du Var.

Là s'étendent 110 à 112 000 hectares de forêts, dont 82 000 aux particuliers, peuplées de chêne-liège, châtaignier, pin d'Alep, pin maritime, et, au pied des versants, pin parasol, le tout dominant un sous-bois d'arbrisseaux et morts-bois variés que dessèchent les ardeurs de l'été ; d'où les incendies fréquents qui désolent ces parages (1). C'est là, comme il vient d'être dit, un massif isolé qui ne se rattache qu'indirectement à celui des Alpes. Ce dernier se développe à l'est, par les Alpes maritimes, au nord par le Dauphiné et la Savoie, à l'ouest par les monts de Vaucluse, les Préalpes comprenant le LÉBERON (*Alt.* 1125 m.). Sur le flanc méridional de cette montagne, entre 100 et 700 mètres seulement, s'étend la forêt domaniale du même nom, toute de chêne vert et de pin d'Alep ; les forêts de MÉRINDAL et de LA BASTIDE-DES-JORDANS occupent en Vaucluse des sols rocailleux et desséchés, si fréquents en Provence. Un peu plus au nord, à 35 kilomètres environ à l'est d'Orange, se rencontre la très curieuse forêt de BÉDOIN. Couvrant le versant méridional du mont Ventoux

(1) Cf. Ch. de Ribbes, *Des Incendies de forêts dans la région des Maures et de l'Esterel*, ouvrage publié par la Société forestière des Maures ; C. Broilliard, Conservateur des forêts en retraite, *Questions féminines* dans la REVUE DES EAUX ET FORÊTS, 1901-1902.

depuis la faible altitude de 100 mètres jusqu'à celle de 1900 et plus, elle voit, sur une étendue de près de 6000 hectares, se succéder les flores de tous nos climats : de 100 à 700 mètres règne exclusivement le chêne vert (*Quercus ilex*) ; de 700 à 800, il croît en mélange avec le chêne blanc (*Q. robur*), qui se montre seul jusqu'à 1000 mètres où commence à intervenir le hêtre, mêlé, un peu plus haut, de quelques rares sapins. A partir de 1500 mètres, le pin à crochets (*P. uncinata*) règne à l'état pur. Sous les chênes vert et blanc se récolte en grande abondance la truffe dite du Périgord (*Tuber melanosporum*) dont la récolte annuelle rapportait à la commune de Bédoin 23 000 fr. en 1882, produit qui s'était élevé à 55 000 fr. en 1892 (1).

Au Vaucluse confinent les départements de la Drôme et des Hautes Alpes, confinant eux-mêmes à celui de l'Isère, autrement dit l'ancienne province du Dauphiné, laquelle, contiguë d'autre part à celle de la Savoie, forme un ensemble comprenant la majeure partie du massif français des Alpes.

L'état de boisement, en Dauphiné, présente deux nuances bien tranchées. La partie septentrionale de la province comprend les bassins de l'Isère et de la Drôme, au sol riche et aux forêts verdoyantes et bien fournies, telles que celles de la GRANDE CHARTREUSE (6600 hectares), peuplée de sapin, d'épicéa et de hêtre sur rochers calcaires à des altitudes s'élevant jusqu'à 1860 m. et non loin de Grenoble ; de LENTE et du VERCORS, dans la Drôme, ayant, à elles deux, une contenance à peu près égale. Une petite portion du département des Hautes Alpes, à son extrémité septentrionale et par le bassin du Drac affluent de l'Isère, se rattache à la première nuance.

Le surplus de ce département, compris dans le bassin de la Durance, offre un aspect déjà bien différent. Ce ne

(1) Cf. ÉCONOMIE FORESTIÈRE, t. I, pp. 388-390.

sont pas encore les *Alpes sèches* dont nous parlerons tout à l'heure, mais ce ne sont déjà plus les *Alpes vertes* du nord. On y rencontre bien encore, sur les versants exposés au nord ou à l'est, dans des districts peu accessibles ou appartenant à des propriétaires aisés, de beaux spécimens de la végétation forestière, véritables oasis qui « donnent une idée de ce qu'étaient et pourraient redevenir les sapinières de cette région (1) ». Le reste est plus ou moins maltraité par le pâturage abusif et les défrichements inconsidérés.

Nommons, en passant, la forêt domaniale de DURBON, aux confins est de la Drôme, dont nous avons parlé dans un travail précédent (2), la belle forêt de BOSCODON, également à l'État, sur la rive gauche de la Durance, en face d'Embrun ; les superbes massifs de mélèze du Queyras et du Briançonnais, notamment ceux de la forêt communale de PUY-SAINT-PIERRE, à 580 mètres au-dessus de la ville de Briançon, elle-même à 1321 mètres d'altitude (3), futaie pleine aménagée à une révolution de 200 ans ; enfin, sur les versants français du MONT GENÈVRE, la forêt communale du même nom, entourant les sources de la Durance autour du col fameux par où Annibal dans l'antiquité, Charles VIII aux débuts de la Renaissance, Napoléon au commencement du XIXe siècle, franchirent les Alpes avec leurs armées. L'altitude du col est de 1974 mètres, celle du sommet de la montagne n'est pas inférieure à 3680 mètres : les derniers représentants de la végétation forestière sont quelques pins cembros épars à 2500 mètres ; un peu plus bas, au regard du midi, les pins sylvestre et oncinié, à l'aspect du nord et de l'est, les mélèzes, forment massifs, sur 550 hectares environ.

Tel est, sommairement indiqué, l'état des forêts du

(1) Huffel, *loc. cit.*, p. 392.

(2) *Les Arbres et les Bois ; esthétique forestière*, dans la REV. DES QUEST. SCIENT., juillet 1903.

(3) ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES, année 1905.

département des Hautes Alpes ; mais, autour d'elles, que de pentes dénudées, que de pâturages ravinés et dégradés, que de versants arides et sans verdure ! Et si nous pénétrons dans la région septentrionale de la Provence, occupée par le département des Basses Alpes, c'est bien pis encore ; nous arrivons aux *Alpes sèches* où nous trouvons « la région la plus dévastée des montagnes françaises », les pires conditions du sol et de climat s'y trouvant ajoutées aux causes de destruction dues au fait de l'homme. « Les forêts de cette région ne sont plus que des lambeaux délabrés, faibles restes des forêts anciennes, et ne forment des massifs dignes de ce nom que sur les points à peu près inaccessibles (1). »

En somme, le bassin de la haute Durance, qu'il soit des Hautes ou Basses Alpes, est forestièrement dans un triste état, que le service des reboisements améliore sans doute, mais non sans peine.

A l'autre extrémité du Dauphiné, les deux départements en lesquels se partage l'ancienne Savoie nous ramènent aux *Alpes vertes*, bien que la proportion des terrains boisés à l'étendue totale de la province ne dépasse guère 2 1/3 p. c. : un peu plus de 23 300 hectares de forêts, sur un ensemble de 10 000 kilomètres carrés ; mais la végétation forestière y est vigoureuse. Les sept dixièmes de cette superficie se composent de futaies mélangées de hêtre et d'épicéa ; le sapin ne s'y rencontre que dans la proportion de 1 p. c., résistant moins bien que l'épicéa aux abus du pâturage et aux coupes excessives comme il en était pratiqué, paraît-il, autrefois, sous le règne de la Maison de Savoie.

Dans les étendues boisées, citées çà et là aux pages qui précèdent, ne sont pas compris les « périmètres de reboisement ». Comme les travaux dont ils sont l'objet ont débuté il y a plus de quarante ans, un certain nombre de

(1) Huffel, *loc. cit.*, p. 391.

ces périmètres commencent à mériter le nom de forêts. Mais c'est là une œuvre en cours d'exécution et qui est fort loin d'être proche de son achèvement ; nous ne les comprenons donc pas dans cet aperçu des restes des vieilles forêts de la Gaule et de l'ancienne France.

La région montagneuse des Pyrénées n'est guère mieux partagée forestièrement que celle des Alpes. Là aussi les forêts ont souffert de l'abus du pâturage, des coupes pratiquées sans mesure et de l'exercice des droits d'usage. Plus que partout ailleurs cependant elles pourraient être prospères avec leur climat méridional tempéré par les altitudes et l'exposition générale au regard du nord. Au reste, le service du reboisement, ici comme dans les Alpes et ailleurs, s'efforce, par de judicieux travaux, de conjurer la ruine de ces montagnes et de reconstituer peu à peu ce qui manque à leur revêtement végétal.

Les six départements sur lesquels court la chaîne pyrénéenne, Pyrénées orientales, Aude, Ariège, Haute Garonne, Hautes et Basses Pyrénées, comprennent, sur une superficie totale de 12 760 kilomètres carrés, 411 200 hectares, je ne dirai pas précisément de forêts, mais de domaines classés comme forêts ; car, sur ces quatre cent onze mille hectares, il y en a plus de cent mille (100 800) à l'état de terrains *vacants*, autrement dit, de vides et de friches.

Le hêtre et le sapin dominent dans les trois cent onze mille hectares restants, avec le pin sylvestre dans la partie orientale de la chaîne. Toutefois le hêtre se mêle au chêne sur les versants inférieurs, tandis qu'aux plus hautes altitudes le sapin fait place au pin à crochets. Ce sont les sapinières de l'Aude qui passent pour les plus belles de la région : l'État en possède sur une surface de 6500 hectares dans ce département. Citons toutefois, dans l'Ariège, la sapinière de LAURENTI à l'altitude moyenne de 1650 mètres, et, dans la haute Garonne, la forêt domaniale de MONTAUBAN, à une altitude un peu moindre, 1250 mètres en moyenne. Tout, cependant, n'est pas sapinière

ou hêtraie dans la région ; un tiers des forêts de l'Aude est en taillis simple, composé ou fureté, et l'on peut citer, parmi les taillis sous futaie du bassin de la basse Garonne, la forêt domaniale de Bouconne, à 20 kilomètres à l'ouest de Toulouse, d'une contenance de 2000 hectares et aménagée à une révolution de 25 ans. Enfin, il ne faut pas omettre les forêts de chêne de la vallée de l'Adour, vieux peuplements dont le type nous est donné par la forêt de Téthieu près de Dax.

Il n'est pas sans intérêt de signaler ici un mode curieux d'exploitation du chêne dans le Béarn, mode que l'on pourrait, avec M. Huffel, appeler *taillis suspendu*. Les arbres, suffisamment espacés, sont étêtés à une hauteur telle que le bétail n'y puisse atteindre. Comme autour d'une souche, des rejets se forment autour du point de section de chaque arbre ; et tous les 8 ou 10 ans les habitants viennent exploiter ces cépées aériennes. Au-dessous d'elles, le bétail peut pâturer sans inconvénient. On comprend que le rendement d'un tel système d'exploitation soit assez faible : aussi le service forestier s'efforce-t-il d'amener les communes à le remplacer par celui de la futaie pleine « qui serait d'une culture très facile en ce pays où chêne et hêtre fructifient abondamment tous les ans » (1).

Pour compléter l'esquisse de ce qui nous reste de l'immense forêt qu'était la Gaule, il nous faut dire quelques mots du vaste massif boisé de création récente mais renouvelé de l'antiquité, qui s'étend, au sud-ouest de la France, sur les départements de la Gironde, des Landes et d'une petite partie du Lot-et-Garonne.

Ce massif, de forme sensiblement triangulaire, s'appuie, comme sur une base, sur un rideau de 234 000 kilomètres de dunes que le génie de Brémontier est parvenu, à partir de 1780, à fixer par des semis de pin maritime.

(1) Cf. Huffel, p. 384.

Une cinquantaine d'années plus tard, un autre ingénieur, Chambrelent, eut l'idée d'employer à assainir les Landes marécageuses et les lagunes qui couvraient environ 800 000 hectares — et moyennant un ingénieux système préalable de fossés d'écoulement — le système de reboisement en pins maritimes par lequel son illustre prédécesseur était parvenu à fixer la dune mobile et envahissante. Ayant exposé ici-même, avec détails, les deux œuvres de Brémontier et de Chambrelent continuées et achevées par leurs successeurs (1), nous n'avons pas à y revenir. Observons seulement que l'immense *pignada* forme, comme on l'a dit, un triangle qui, sur la base mentionnée tout à l'heure, ne compte pas moins de cent kilomètres de hauteur. Son étendue, évaluée au chiffre précis de 704 530 hectares, se répartit ainsi entre les trois départements : Gironde, 279 299 hectares ; Landes, 414 578 hectares ; Lot-et-Garonne, 10 653 hectares ; le tout pour 82/100 aux particuliers, 10/100 aux communes et 8/100 à l'État. La valeur d'ensemble de cette masse boisée, sur des terrains naguère improductifs et fiévreux, aujourd'hui parfaitement assainis, est estimée à environ 500 millions de francs (2).

Sans faire tort d'ailleurs au mérite et à l'initiative géniale des deux grands ingénieurs qui ont boisé les dunes et les landes du sud-ouest, on peut dire qu'ils n'ont fait en somme que restaurer ce qui, au moins en partie, avait existé autrefois. Aux temps gallo-romains, l'Aquitaine présentait, d'après Festus Avienus, une suite de dunes

(1) Voir l'*Art forestier à l'Exposition universelle de 1878*, tomes IV et V (1878 et 1879) de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1re série.

(2) Il est intéressant de comparer à ce chiffre celui du revenu attribué aux 80 000 hectares des pineraies de la Sologne, dont l'origine ne remonte guère au delà d'une soixantaine d'années. M. Huffel évalue ce revenu à 3 200 000 francs sur des terres qui naguère ne rapportaient rien, en se fondant sur ce que, à l'âge de 30 ans, l'hectare de ces pineraies produit, net, 1200 francs en bois de boulange, ce qui fait ressortir le revenu net moyen de l'ensemble à 40 francs l'hectare.

chargées de forêts de pins et d'essences alpestres qui s'étendaient jusqu'aux Pyrénées (1), et les landes avaient certainement été boisées dans la haute antiquité.

II

LES VICISSITUDES DU SOL BOISÉ A TOUTES LES ÉPOQUES

C'est le propre de la nature humaine de pousser souvent ses entreprises à cet extrême où l'usage fait place à l'abus, sauf à tendre ensuite à se rapprocher de la limite trop facilement dépassée. A l'origine et durant les siècles qui suivirent, l'œuvre civilisatrice dans les Gaules se manifestait par le défrichement des forêts trop étendues ; il fallait permettre à l'agriculture de s'étendre et, par suite, à la population de se développer. Cette œuvre immense, dont les « moines d'occident » furent, dans le haut moyen âge, les principaux sinon les seuls champions, s'est poursuivie, dans le cours des temps, à travers de nombreuses péripéties, jusqu'à dépasser la juste mesure. De là les vastes étendues de montagnes ou de plaines qui, soit par déboisement direct, soit par jouissance abusive, se sont trouvées dénudées et que l'on tend de plus en plus à reboiser aujourd'hui.

Au temps de César, on l'a dit plus haut, plus de la moitié du territoire des Gaules était à l'état boisé, avec des clairières défrichées de plus ou moins grande étendue dans le centre et dans le nord, principalement aux abords des cours d'eau ; la partie méridionale, plus ouverte et mieux cultivée, laissait moins dominer la forêt et contenait des champs étendus où croissaient la vigne, l'olivier et les céréales.

Chaque canton, district ou territoire défriché et cultivé,

(1) Festus Avienus, *Ora maritima*, cité par Alf. Maury, *loc. cit.*

pagus, comme l'appelait César, était le siège d'une tribu ou peuplade gauloise ; plusieurs de ces *pagi*, associés ou confédérés entre eux, formaient une *cité* : véritable nation, tantôt monarchique, tantôt démocratique, ne manquant pas d'une certaine analogie avec la cité grecque ou romaine, telle que nous la dépeint Fustel de Coulanges dans sa magistrale *Cité antique*.

La population des Gaules comprenait, à cette époque, une cinquantaine de ces cités. César, dès qu'il eut affermi sa conquête, en augmenta le nombre pour en faire soixante-quatre circonscriptions financières dans ce qu'il appelait « la Gaule chevelue, *Gallia comata* », autrement dit, la Gaule transalpine. La division de la cité en *pagi* fut conservée ; le *pagus* lui-même fut partagé en *fundi*, sans doute à l'imitation de la *curie* romaine qui avait au-dessus d'elle la *tribu*, formée de plusieurs curies, la *cité* étant elle-même composée de plusieurs tribus (1). Le *fundus* gallo-romain serait le point d'origine de la plupart de nos communes rurales (2). Les terres arables qu'il comprenait constituaient l'*ager*.

En ces temps reculés, « le domaine public, qui était immense, comprenait vraisemblablement les forêts, bien commun » (3). Mais les premiers déboisements y furent contemporains de la guerre de conquête. L'incendie servait tour à tour aux indigènes comme moyen de défense, aux envahisseurs comme moyen d'attaque, et d'importantes masses boisées furent détruites de ce chef. D'autre part, la hache des licteurs romains opérait en grand des abatages pour anéantir les retraites où les Gaulois, soulevés contre l'ennemi commun, s'étaient créé des abris et des lieux de réunion. Enfin l'ouverture, par les armées conquérantes, de routes dirigées dans tous les sens et enserrant le pays conquis dans un vaste réseau, découpa de grands compar-

(1) Cf. Fustel de Coulanges, *loc. cit.*, liv. III, chap. I à III.
(2) Huffel, Etude IIe, chap. I.
(3) *Ibid.*

timents dans la forêt sans fin, préparant ainsi les futures dénominations forestières locales. La culture des céréales et de la vigne ne tarda pas, la paix conclue, ou plutôt la conquête affermie et devenue définitive, à prendre de grands développements. Le seigle, le blé, l'épeautre couvrirent de vastes champs, notamment dans une région qui lui emprunta son nom : Sécalonie *(Secale*, d'où *Secalœnia)* ou Sologne. L'extension de la culture de la vigne entraînait celle de la fabrication du merrain pour tonneaux, industrie depuis longtemps, paraît-il, chère aux Gaulois ; et l'on abattait, et l'on abattait les chênes sans se préoccuper de la régénération des peuplements qui les fournissaient : le bois n'était-il pas le bien commun, à la disposition de qui voulait le prendre, *res nullius*, et ne repoussait-il pas de lui-même ?

M. Charles de Ribbes nous apprend, d'après l'économiste Dussard (JOURNAL DES ÉCONOMISTES de juillet 1848), que les forêts qui protégeaient, dans toute son étendue, la chaîne des Cévennes, auraient été, sous le règne d'Auguste, brûlées ou abattues en masse. « Une vaste contrée, jusque-là couverte de bois impénétrables, a été tout à coup dénudée, rasée, dépouillée ; et bientôt un fléau jusqu'alors inconnu (les ouragans déchaînés par le mistral) vint porter la terreur d'Avignon aux Bouches-du-Rhône, de là à Marseille, puis étendit ses ravages sur tout le littoral (1). »

Ce n'est pas à dire que les Romains aient habituellement procédé avec un esprit de destruction sauvage et sans frein. Ils apportèrent au contraire dans les Gaules des habitudes de discipline et de méthode dont bénéficièrent les forêts elles-mêmes dans la réduction graduelle et systématique de leur étendue. Ils avaient envoyé des géomètres, *agrimensores*, pour cadastrer leur conquête, et

(1) *La Provence au point de vue des bois, des torrents et des inondations*, par Charles de Ribbes, chap. Ier, p. 19. Paris, Guillaumin et Cie, 1857.

avaient ensuite partagé la propriété forestière en diverses catégories suivant : 1° qu'elle était réservée au fisc impérial ; 2° qu'elle appartenait aux seigneurs *(equites)*, prélevée sur les *fundi*, 3° à des *vici* ou villages, formant alors déjà une sorte de forêt communale ; ou 4° qu'elle était possédée, à titre onéreux, par concession du seigneur, *equitis*, aux habitants de la *villa* ou ensemble des constructions élevées dans la partie du *fundus* distincte de l'*ager* ou partie cultivée ; ou bien enfin 5° qu'elle appartenait à une portion du *fundus* partagée par le seigneur entre ses clients (1).

Les bienfaits de cette habile organisation administrative ne prévalurent pas, à la longue, durant les quatre ou cinq siècles de la domination romaine, contre les excès de la fiscalité romaine, la plus rapace, a dit Montalembert, qu'on ait jamais rêvée (2). L'exagération des impôts, qui en arrivaient à dépasser la valeur même des terres cultivées sur lesquelles ils étaient assis, incitait leurs propriétaires à les abandonner. Délaissées par la culture, ces terres ne tardaient pas à être reconquises par la forêt qui s'implantait sur elles, d'abord à l'état de « halliers de ronces et d'épines d'une épaisseur formidable », appelés *déserts* par les populations qui les avaient quittées, puis peu à peu de taillis formés de végétaux plus arborescents, puis enfin de hautes futaies (3).

Bientôt se trouvaient reconstituées les anciennes forêts druidiques aux ombres ténébreuses que les Romains n'avaient abordées, aux premiers temps, qu'avec une sorte de terreur religieuse. Sauf les détails mythologiques et les sacrifices sanglants, on aurait pu leur appliquer cette description que faisait Lucain de ces « bois sacrés, de temps immémorial inviolés, dont les branches enlacées entretenaient sous la haute voûte des cimes une ombre

(1) Cf. Huffel, *loc. cit.*, Deuxième Étude, chap. Ier, p. 220.
(2) *Les Moines d'Occident*, tome II, p. 266.
(3) *Loc. cit.*, p. 386.

ténébreuse et glacée. Ni les Pans rustiques, ni les Sylvains robustes, ni les Nymphes des bois ne les habitaient; mais il s'y offrait de barbares sacrifices sur des autels chargés de cruels holocaustes. Les arbres étaient rouges de sang humain. Les oiseaux craignaient de s'y poser, les bêtes fauves de s'y réfugier. Les arbres eux-mêmes frémissaient d'horreur (1). »

Cette reprise de possession du sol par la forêt ne fut cependant pas universelle, et, par la force des choses, des rapports s'établirent entre les *equites*, possesseurs des forêts prélevées sur les *fundi*, et les habitants des *agri* cultivés. Ceux-ci y prenaient le bois dont ils avaient besoin pour leur chauffage et leurs constructions (2); et cette coutume continua ensuite sous la domination des nouveaux envahisseurs, Germains, Francs, Burgondes (et, en plus, dans le midi, Arabes, Maures, Sarrasins) : perpétuée jusqu'à l'établissement de la féodalité, elle fut l'une des origines des *droits d'usage* dont quelques-unes de nos forêts sont encore grevées aujourd'hui.

Néanmoins, à la suite des invasions, soit par l'effet de celles-ci, soit par celui du délaissement des terres cultivées

(1) Lucus erat longo numquam violatus ab œvo,
Obscurum cingens connexis aera ramis,
Et gelidas alte submotis solibus umbras.
Hunc non ruricolæ Panes, nemorumque potentes
Sylvani Nimphæque tenent, sed barbara ritu
Sacra deum, structæ diris altaribus aræ;
Omnis de humanis lustrata cruoribus arbor...
Illis et volucres metuunt insistere ramis,
Et lustris recubare feræ...
Arboribus suus horror inest...

(Lucain, la *Pharsale*, III, 399 à 411).

Voir, au surplus, dans *Les Moines d'Occident*, le livre VII, chap. Ier : « Les Moines dans les forêts ».

(2) Plus tard, après la seconde invasion, dite des Barbares, une coutume analogue était reconnue et édictée par la loi des Burgondes, tit. XXXII, qui portait : « Celui qui n'a pas de forêt peut couper les bois qui lui sont nécessaires, hormis les fruitiers et les arbres de futaie, dans n'importe quelle forêt, sans que le propriétaire d'icelle puisse s'y opposer. » (Cf. la REVUE DES EAUX ET FORÊTS, année 1864, p. 312).

par les colons gallo-romains, nombre de ces terres étaient encore sous les bois. « Tel *pagus* qui, du temps de César, dit Montalembert, avait fourni des milliers de combattants contre l'ennemi commun, n'offrait plus que quelques populations éparses à travers des campagnes qu'une végétation spontanée et sauvage venait chaque jour disputer à la culture, et qui se transformaient graduellement en forêts (1). » Ces dernières, en s'étendant peu à peu, ne tardaient pas à rejoindre les masses continues. Comme exemple de « ces envahissements de la solitude » et des bois, l'auteur des *Moines d'Occident* cite le fait du moine Liéphard, mort en 565, qui, venu avec un seul disciple sur la rive droite de la Loire, à cinq lieues plus bas qu'Orléans, avait constaté la complète disparition sous les bois du *castrum* romain de *Magdunum* autrefois abondamment peuplé (devenu depuis la petite ville de Meung). A la même époque, un autre moine, saint Colomban, ne trouva plus que des idoles abandonnées au milieu des bois, sur l'emplacement qu'avaient occupé jadis les temples et les thermes romains de Luxeuil (2). Il est encore de nos jours tels peuplements forestiers des Vosges, du Jura, de la Provence, ou même de la Normandie, contenant dans leur sous-sol des restes d'une civilisation disparue et permettant de constater qu'il y eut là jadis des villages, des villes, des *castra* romains, ou bien des vignes, des plantations d'oliviers ou de pommiers (3).

D'ailleurs, l'état politique et social qui succéda à la domination romaine, ne fut point défavorable aux forêts.

(1) *Les Moines d'Occident*, t. II, p. 384. Voir aussi Maury, *loc. cit.*

(2) *Ibid.* — Ibi imaginum lapidearum densitas vicina saltus densabat. . Jonas. *Vit. S. Columbani.* Cité par Montalembert, *loc. cit.*

(3) Notamment en Normandie, dans les forêts de Brotonne et de Beaumont-le-Roger. Le plateau de Leinenberg, près Abres-Chwiller, en Alsace-Lorraine, qui est aujourd'hui boisé, était jadis cultivé. Cf. Alf. Maury, *loc. cit.* — A. Ysabeau, ANNALES FORESTIÈRES, année 1854, *Les Forêts du Globe.* — L'abbé Narbey, *Les hautes Montagnes du Doubs depuis les temps celtiques.* Paris, Ambroise Bray, 1868.

Les nations envahissantes, germaines, franques et autres arrivaient de pays aussi boisés, sinon plus encore, que les Gaules. C'était au sein des forêts qu'ils étaient habitués à tenir leurs réunions et à chercher un abri contre les intempéries. De leurs ancêtres, venus jadis des plateaux de la haute Asie, ils tenaient le culte superstitieux des arbres (1). De plus, ils avaient, comme d'ailleurs les anciens Gaulois eux-mêmes, un goût prononcé pour la chasse ; et ce goût, qui faisait des Francs et des Gaulois, dit Alf. Maury, les premiers chasseurs du monde (2), est une des causes qui contribuèrent le plus à maintenir la situation forestière des Gaules telle qu'elle existait à la fin de la domination romaine. Les lois coutumières des tribus envahissantes, Saliens, Ripuaires, Burgondes, Wisigoths, portaient toutes le caractère de cette préoccupation dominante : conserver les peuplements forestiers, gîte du gibier et abri de la provende des bestiaux (3). Tout ce qui avait pu échapper à la répartition cadastrale établie par les Romains, était aux yeux des envahisseurs bien commun ; et cette prédisposition opposait souvent à la conception de la propriété forestière, telle qu'elle était envisagée au point de vue romain, celle que s'en faisaient les nouveaux occupants.

Ces derniers avaient pu sans difficulté s'approprier les forêts du fisc impérial, l'Empire n'existant plus, mais avaient sans doute éprouvé quelque résistance au sujet des bois appartenant aux descendants des anciens *equites*. Quant à ceux des *fundi*, considérés comme bien commun par leurs possesseurs, ils devaient être plus facilement

(1) Alf. Maury, *loc. cit.*

(2) Alf. Maury, *op. cit.*, p. 249. « Qui vix ulla in terris natio invenitur quæ in hac arte Francis possit æquari », dit Eginhard.

(3) Quels bestiaux et quel gibier ? Sans compter les espèces encore vivantes de nos jours, telles que cerfs, chevreuils, sangliers, etc., c'étaient l'élan et l'aurochs. Les troupeaux de chevaux, le gros et le petit bétail y trouvaient leur pâture. Les porcs y vaguaient par milliers sous les chênaies. Ils étaient de taille énorme, à moitié sauvages, très redoutés des passants. Cf. *Histoire de France*, publiée sous la direction de M. Lavisse. Cité par M. Huffel.

assimilables aux *sylvæ communes* telles que les comprenaient les envahisseurs, en tant du moins que produit direct du sol. Au reste, une fois maîtres des Gaules, les Francs en changèrent les circonscriptions administratives. Les *pagi* des Francs, plus étendus, se rapprochaient davantage des anciennes *civitates* que les Romains avaient composées de plusieurs *pagi* gaulois.

Les domaines dont se composa le *pagus* furent néanmoins disposés exactement sur le modèle des anciens *fundi*. On y trouvait, comme jadis, la terre réservée au maître, le *mansus indominicatus* devenu la terre *salique*, ou terre entourant la maison (de *saal*, habitation), renfermant avec le sol arable les eaux et les forêts. Ce *mansus* était cultivé par des *serfs* ; et la partie de la *villa* constituant le surplus de l'*ager* était partagée en lots affectés à la jouissance, partie des autres serfs, partie des *lèdes* ou serfs affranchis, partie des colons ou hommes libres (1).

Quant au droit de chasse, les *leudes* ou chefs militaires des tribus franques se l'étaient approprié, admettant à le partager avec eux seulement les représentants de l'ancienne noblesse gallo-romaine.

De là naquit, sous les Mérovingiens et les premiers Carolingiens, la curieuse pratique de l'*afforestation* ou *inforestation*. Les rois avaient, à l'origine, en vue de la chasse, affecté à leur usage, et, avec eux, à celui de leurs

(1) Cf. Huffel, *op. cit.*, p. 220. Ce serait une erreur d'assimiler les *serfs* du moyen âge à des *esclaves*. L'esclave n'a pas de personnalité, partant pas de droits ; il est la *chose* de son maître ; et quand on assimile une troupe d'esclaves à un troupeau de bétail, un bétail humain, l'assimilation, pour être ignominieuse, n'en est pas moins exacte. Bien moins abaissée était la condition du serf qui, s'il était attaché à la glèbe, n'en pouvait, d'autre part, être détaché arbitrairement par la volonté du seigneur. Autrement dit, s'il lui était interdit de quitter le sol, on n'avait pas non plus le droit de l'en expulser. La preuve d'ailleurs que les serfs avaient des droits, ce sont les pièces de procès entre serfs et seigneurs que l'on retrouve en grand nombre dans les vieilles archives des départements et dont la solution était loin d'être toujours favorable au seigneur. Le servage a été, somme toute, une transition ménagée entre l'esclavage et la liberté pleine, grâce à l'influence du christianisme.

principaux officiers, des étendues de terrain plus ou moins considérables, comprenant non seulement d'importantes aires boisées, mais, en plus, les cours d'eau qui les traversaient ainsi que les plaines, étangs et terres arables qu'elles englobaient. La *foresta* — ce qui n'était pas alors synonyme de *sylva* — n'était autre chose, bien qu'elle contînt principalement des forêts, que l'enceinte réservée au roi pour la chasse et la pêche.

Ce que faisait le roi dans son domaine, ses leudes et les descendants des anciens propriétaires (chevaliers romains ou nobles gaulois) le faisaient à moindre échelle sur leurs terres, non pas, il est vrai, sous leur autorité privée, mais par expresse délégation du prince. Souvent aussi le roi concédait par munificence des enceintes afforestées à des particuliers pour services rendus à l'État, à des chefs militaires ou à des abbayes. De même que le roi avait des agents spéciaux, *forestarii*, pour gérer les *forestæ dominæ*, les seigneurs, *comites*, avaient aussi leurs *forestarii* particuliers pour leurs *forestæ* concédées *jussione regis*.

Cette pratique de l'afforestation avait aussi cours en Allemagne d'où elle nous était venue. Mais elle avait en ce pays un corollaire qui ne paraît pas avoir été appliqué dans la France de Clovis et de Charlemagne ; c'était la *déforestation*. Le souverain — duc, chef ou roi — qui avait afforesté une contrée ou concédé une *foresta* à un sujet, se réservait — et exerçait — le droit de déforester, *deafforestare*, cette contrée, cette *foresta*, autrement dit de retirer une concession faite à titre gracieux. C'est que les afforestations ne laissaient pas de présenter de graves inconvénients. Elles dégénéraient à la longue, chez les descendants des leudes ou autres possesseurs de régions afforestées, en droit de pleine propriété. La multiplication des bêtes fauves, que nul autre que le concessionnaire de la *foresta* ou ses gens n'avaient le droit d'abattre, finissait par rendre la vie impossible aux populations de la contrée ;

et le concessionnaire, ou plutôt son descendant, devenu *en fait* propriétaire du pays, voyait le vide se faire autour de lui, et la forêt, *sylva* ou *saltus*, envahir les terres naguère cultivées : ce dernier résultat, en soi, ne lui eût point déplu, car cette extension du sol boisé était favorable à la multiplication du gibier et à la chasse ; mais, amenant la dépopulation, elle l'appauvrissait par là-même.

Aussi Charlemagne veilla-t-il tout au moins à empêcher l'extension des *forestæ*, en chargeant ses *missi dominici* de s'assurer qu'il ne s'en établissait pas *sine jussione regis*, et d'interdire toute nouvelle afforestation. Il fit plus, il établit des agents spéciaux, *vicarii*, *judices*, *forestarii*, *custodes nemoris*, qui avaient, entre autres attributions, celles de faire opérer des défrichements là où cela serait jugé opportun (1). Malgré cela, le goût des grandes masses boisées, si favorable à l'accroissement du gros gibier, prédominait.

La puissante organisation administrative et politique établie par Charlemagne ne tarda pas à péricliter sous la main débile de ses successeurs ; et de l'impuissance de ceux-ci à protéger leurs sujets contre les invasions du

(1) C'est-à-dire, d'après un capitulaire *De villis* daté de 802 : *Ubi locus fuerit ad stirpandum...*, le capitulaire complète la phrase en ces termes : *stirpare facient Judices et campos de sylva increscere non permittant.* Il ne faudrait pas induire de la défense de faire de nouvelles afforestations, qu'il fut, comme l'ont cru quelques auteurs, interdit de faire des plantations d'arbres, des boisements, *sylvas plantare.* Comme on l'a dit ci-dessus, *foresta* n'était pas *sylva* bien qu'il s'y trouvât surtout des *sylvæ*; c'était l'enceinte réservée pour la chasse et la pêche. On peut consulter à ce sujet : Dalloz, *Introduction;* Baudrillart, *Dictionnaire des Eaux et Forêts ;* Meaume, *Commentaire du Code forestier ;* Alfred Maury, *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France.* Au contraire, le grand empereur franc, tout en favorisant les défrichements là où ils étaient utiles, régla sévèrement le droit de prendre et de couper du bois en forêt, *jus capulandi*, et assujétit à certaines observances les ouvriers chargés du *caplim*, c'est-à-dire de la coupe des bois (Alf. Maury, *loc. cit.*, éd. 1850, p. 204). Les *custodes* étaient plus spécialement chargés de la surveillance des bois, *ubi sylvæ debent esse, non permittant eas nimis copulare atque damnare* (G. Huffel, t. I, Et. III, ch. III). Le même auteur cite des capitulaires de Louis le Débonnaire, en date de 819, interdisant d'établir des *forestæ* nouvelles.

dehors, naquit l'organisation féodale. Chaque comte, chaque chef de *pagus* dut pourvoir à sa propre défense et à celle des populations qui la sollicitaient. « Ce ne sont pas, dit M. Edmond Demolins, les grands, les riches, les seigneurs qui s'attachent, par la force, les pauvres, les petits, les faibles ; ceux-ci accourent d'eux-mêmes implorer aide et protection, jurer fidélité... Le fait se renouvela si fréquemment, qu'on dut rédiger une formule spéciale pour ces sortes d'actes, témoignages irrécusables de l'origine populaire de la féodalité (1). » Le pouvoir militaire et par suite politique se trouva ainsi intimement uni au droit de propriété. Le capitulaire rendu par Charles le Chauve au grand *plaid* national de Kiersy-sur-Oise, en 877, ne fit guère que sanctionner un état de choses existant déjà de fait.

Ce nouveau régime n'était pas pour restreindre la possession même abusive des *forestæ*. « Loin de diminuer le nombre des forêts de notre patrie, dit Alfred Maury, le régime féodal eut pour effet de l'accroître encore et de ramener le sol à l'état où il se trouvait du temps des Gaulois » ; et, comme jadis aux derniers temps de la domination romaine, tels lieux, naguère habités, étaient devenus en peu de temps de profondes solitudes, des fourrés impénétrables, *abstrusa latibula* (2). Le droit de *foresta* s'identifia de plus en plus avec le droit de propriété et de haute justice. Il s'étendit même des grands feudataires aux seigneurs de second ordre qui eurent droit de *forestella*, de *warenna* ou *garenne*, où ils pouvaient chasser le petit gibier tel que lièvres, lapins, perdrix, faisans ; le

(1) *Histoire de France* de M. Edmond Demolins. Livre troisième, chap. III.

(2) C'est dans ces forêts mystérieuses que la plantureuse imagination des auteurs du *Roman de la Table ronde* plaçaient les aventures merveilleuses de leurs héros, dont le fameux Merlin l'enchanteur ne fut pas un des moindres.

gros gibier, ours, buffles, cerfs, étant réservé aux *forestæ*, suffisamment vastes pour les abriter et les nourrir (1).

Ce genre d'abus était, paraît-il, plus prononcé encore en Angleterre. Tous les efforts des seigneurs de ce pays tendaient à faire occuper par leurs forêts une étendue de plus en plus vaste, afin d'accroître l'importance de leurs chasses. Au XIIe siècle, Jean de Salisbury, le disciple d'Abélard, le compagnon de Thomas Becquet, s'éleva avec force contre cet abus qui avait pour effet de remplacer les populations rurales par les bêtes fauves : « *A novalibus suis arcentur agricolæ, dum feræ habeant vagandi libertatem* (2). »

Toutefois cette extension immodérée des *forestæ*, *forestellæ*, forêts et garennes, eut aussi sa contre-partie dans les importants défrichements et la mise en culture opérés par les moines. Dès les Ve et VIe siècles, fuyant le monde et recherchant la solitude, de pieux anachorètes accompagnés tout au plus d'un ou deux disciples, ou bien eux-mêmes disciples du moine de Subiaco, Benoît, ou de l'Irlandais Colomban, allaient chercher au sein des forêts vierges le calme et la retraite. Mus par le même sentiment, d'autres disciples venaient se joindre à eux. Il fallait défricher pour pouvoir remplacer la vie de solitaire par la vie cénobitique. D'autres fois c'étaient des groupes monastiques qui, la hache à la main, se frayaient un passage à la tête d'une troupe de fidèles ou de néophytes, abattant les arbres et se mettant à cultiver le sol aussitôt dépouillé. Les paysans accouraient vers les centres de culture ainsi créés, où ils trouvaient refuge et protection contre les brutalités ou les exactions des barbares. Durant plusieurs siècles, cette intervention des moines contrebalança dans une large mesure l'abusive extension des *forestæ* de plus en plus converties en *sylvæ* (3).

(1) Cf. Championnière, *Histoire du droit de chasse*, cité par Alf. Maury, p. 212.

(2) Cité par le même, p. 121.

(3) Voir au livre VIII des *Moines d'Occident* (tome II), le tableau histo-

« Les moines bénédictins, dit d'autre part M. Huffel, ont défriché, dans le cours des siècles, un dixième peut-être de l'étendue du pays. C'est à eux que la France du moyen âge doit de ne pas être partiellement morte de faim, faute de champs à cultiver (1). »

Le XIIIe siècle, époque de la grande efflorescence intellectuelle du moyen âge, le siècle des Vincent de Beauvais, des Albert le Grand, des saint Thomas d'Aquin, des Dante et des Roger Bacon, fut aussi une période moins tourmentée que les précédentes ; il y régna un calme relatif. L'afforestation se fit moins empiétante sur la terre arable, de nouveaux défrichements furent opérés au grand profit de la culture des céréales, et la population s'en accrut.

Quand surgit, du milieu du XIVe au milieu du XVe siècle, la terrible guerre de cent ans ; puis quand, au siècle suivant, éclatèrent les guerres de religion, il est vraisemblable que l'accroissement des surfaces boisées s'en ressentit d'une manière assez sensible. La diminution de la population, évaluée à un tiers dans les seuls bassins de la Seine et de la moyenne et basse Loire durant la guerre de cent ans, s'explique d'ailleurs par l'accroissement de mortalité dont fut directement ou indirectement cause une époque d'invasions et de luttes armées.

rique et descriptif de l'immigration des moines dans les forêts des Gaules, de leurs travaux de défrichement et de culture, d'apprivoisement ou domestication des bêtes sauvages, de protection des populations agricoles à l'encontre des emportements des chefs barbares, le tout s'alliant à la culture des lettres et à la copie des auteurs classiques de l'antiquité, sauvés ainsi de la destruction.

(1) G. Huffel, *Économie forestière*, t. I, p. 337. L'auteur ajoute, en note : « En soixante-treize ans, au XIe siècle, on a pu compter 48 années de famines partielles ou générales. » Ce lamentable état de choses tenait à plusieurs causes dont la principale était la faible étendue des terres cultivées qui s'accroissait moins vite que la population. Le XIIe siècle ne fut guère mieux partagé. Sous Philippe-Auguste, il y eut onze périodes de famine. Celle de 1195 dura quatre ans, dit M. Luchaire au tome III de l'*Histoire de France*, publiée sous la direction de M. Ernest Lavisse. « En 1197 une foule innombrable de personnes moururent de faim : *innumeri fame perempti sunt*, dit la Chronique de Reims. »

Il ne faut pas perdre de vue d'autre part que, parallèlement à l'empiètement des peuplements forestiers sur le sol arable en un grand nombre de points, en un grand nombre d'autres aussi, soit les défrichements, soit la jouissance abusive du sol boisé et de sa superficie, tendaient à les restreindre, ou tout au moins à en diminuer l'importance. Déjà dans le midi, aux VIIIe et IXe siècles, les invasions des Sarrasins, Arabes, Maures et Berbères avaient fait fuir les populations des plaines et les avaient rejetées sur les hauts sommets des Alpes couverts d'épaisses forêts; elles y avaient défriché jusqu'aux rochers et bâti des villages (1). Quand les Sarrasins eurent été définitivement chassés du sol de la France, les populations reléguées dans la montagne sous la protection de bois impénétrables, purent redescendre dans la plaine ; mais elles n'y redescendirent pas toutes, et les habitudes prises, comme le fait observer M. de Ribbes, ne disparurent pas. Ce fut le premier début, l'aurore, si l'on peut ainsi dire, du déboisement de ces montagnes. Un peu plus tard, quand survinrent et se multiplièrent les chartes octroyées par les rois ou les grands vassaux, les gens des communes passant de l'état de servage à l'état d'hommes libres et de propriétaires, défrichèrent et mirent en culture des étendues plus ou moins considérables.

Ailleurs les *forestæ* elles-mêmes, quand leurs possesseurs voulaient retenir les populations autour de leurs manoirs, durent subvenir aux besoins de celles-ci, non seulement en bois de feu et de travail et en luminaire — car les bois résineux fournissaient des torches — mais encore en nourriture pour les bestiaux gros et petits : chevaux, bœufs, vaches, moutons, porcs. Cette jouissance, que ne limitait aucune règle à l'origine, dégénérait souvent en de véritables dévastations. Alors intervenaient, de la part

(1) Cf. Charles de Ribbes, *La Provence au point de vue des bois et des inondations*. On doit pouvoir en dire autant de la région pyrénéenne où s'est conservé très vivace le souvenir des invasions sarrasines.

des *duces* et *comites* de l'ère carolingienne, et, plus tard, des seigneurs féodaux, des *concessiones*, qui n'étaient, dans le principe, que la régularisation, quelquefois aussi la restriction, de pratiques jusque-là toujours exercées et qui se trouvaient par là érigées en véritables droits d'usage.

L'exercice de ces droits, toutefois, ne tarda pas, lui aussi, malgré les règlements, à devenir abusif. Les concessions ou chartes les stipulant furent elles-mêmes accordées sans raison ni mesure, tantôt à des corporations ou communautés religieuses ou civiles, tantôt à des individus à titre viager ou même héréditaire, en tant qu'habitants de telle localité ou de telle maison à laquelle le droit était attaché : concessions par chartes authentiques de droit d'*affouage* pour les bois de feu (1) ; de droit de *maronnage* pour les bois destinés à réparer ou reconstruire les maisons ; de droit de *ramage* consistant à s'approprier les branches et rameaux nécessaires à la confection et à l'entretien des haies et clôtures ; ou bien du droit de se fournir de tout le bois nécessaire à la confection des outils et instruments de culture et des ustensiles de ménage (2) ; du droit de vaine pâture ; du droit de faînée ou glandée, appelé encore *panage* et *paisson*, permettant d'introduire les porcs en forêt lors de la faînée du hêtre ou de la glandée du chêne. On cite une *Charte* octroyée aux Normands par Louis le Hutin en 1315 (22 juillet), confirmée le 4 octobre 1533 par François Ier, concernant le droit aux *morts-bois*, c'est-à-dire aux bois d'essences inférieures, et les énumérant (3).

(1) Les seuls approvisionnements en bois de feu entraînaient de véritables hécatombes. Les vastes cheminées d'alors consumaient des arbres entiers en guise de bûches ; l'industrie du fer nécessaire à la confection des armures des chevaliers, des écuyers, des hommes d'armes de toute condition, exigeait également de très grandes quantités de bois, seul combustible alors connu.

(2) Le bois nécessité par la fabrication des araires, charrues et autres instruments aratoires, pour la confection des meubles et autres industries de la matière ligneuse, se prenait en quantité considérable en forêt.

(3) Les *morts-bois*, énumérés dans la *Charte aux Normands* de Louis X,

Mais la protection la plus efficace des forêts pour leur conservation dans la mesure nécessaire, est due à la politique constante des rois de France descendants de Hugues Capet.

Sous les faibles successeurs de Charlemagne, les forêts du domaine royal constitué par Clovis avec un tiers environ de l'ancien domaine gaulois de l'Empire romain — les deux autres tiers ayant été abandonnés à ses leudes — avaient peu à peu passé en la possession des seigneurs ou des abbayes, soit en donations accordées à celles-ci par la munificence des rois des deux premières races, soit en usurpations ou anticipations des officiers royaux, ou de toute autre manière. Impuissants à défendre leurs sujets, les derniers carolingiens ne l'étaient pas moins à défendre leur domaine. Quand la dynastie capétienne, élevée à la dignité royale par la féodalité naissante, eut établi sur les grands feudataires une prépondérance incontestée, elle eut pour objectif constant l'accroissement du domaine royal, et chaque fois que par mariage, traité ou conquête, une des principautés ou grandes seigneuries vassales ou étrangères faisait retour ou accession à la Couronne, le domaine privé du précédent seigneur, duc, comte ou baron, était incorporé au domaine du roi, c'est-à-dire au domaine de l'État. Car, dans l'ancienne France, le domaine de la Couronne se confondait avec celui de la nation. Et le plus beau fleuron de cette couronne, dit Alfred Maury, « c'étaient ces grandes forêts remplies d'arbres séculaires, débris de celles que César avait rencontrées en traversant les Gaules ».

Il n'est que trop vrai, des parcelles souvent importantes de ce domaine en furent détachées à diverses époques en

sont les saules et marsaules, les épines (blanches probablement), les *puisnes* (? épine noire ou cornouiller sanguin ?), les aulnes, les *seurs* ou sureaux, les genêts, les genévriers et les *rouches* ou ronces. Dans cette énumération, d'ailleurs incomplète (il est vrai qu'elle ne concernait que la Normandie), figurent trois essences, savoir le saule, le marceau et l'aune qui ne sont aujourd'hui nullement considérés comme morts-bois.

faveur de seigneurs de la cour ou autres, soit en récompense de services rendus, soit, comme l'exprime M. Huffel, par suite de « l'avidité, l'importunité, les sollicitations des courtisans ». Chacun des rois qui ceignait la couronne s'efforçait, d'après cet auteur, « de faire rendre gorge aux courtisans du règne précédent, sauf à gratifier ceux qui l'entouraient ». Mais, ajoute M. Huffel, « l'avidité et la constance des seigneurs furent plus efficaces que l'autorité royale elle-même » (1).

A l'appui des assertions relatant ces abus, on nous cite les tentatives des rois de France pour y échapper. François Ier proclamant, en 1539, l'inaliénabilité du domaine royal, n'aurait fait que confirmer un principe bien antérieur à l'avènement des Valois. Ce seraient « les aliénations ou dons trop souvent scandaleux », suivant les expressions de notre auteur, de Charles IX, qui auraient provoqué, à l'instigation du chancelier De L'Hospital, le célèbre *édit de Moulins* (février 1566), dans lequel ce roi s'engageait solennellement, pour lui et ses successeurs, à s'interdire toute nouvelle aliénation des biens de la couronne, ce qui ne l'empêcha pas de vendre, dans la même année et en trois des années suivantes, des forêts du domaine avec, il est vrai, la condition de faculté perpétuelle de rachat.

A Charles IX succéda son frère Henri III, qui confirma en 1579 l'édit de Moulins, et, révoquant les ventes ou cessions de ses prédécesseurs, réunit de nouveau au domaine les biens qui en avaient été distraits, mais en faisant rembourser le prix de celles de ces ventes qui avaient été suivies de paiements effectifs. Et cependant, durant les années suivantes, Henri III « consentit encore plus d'aliénations que n'en avait fait aucun de ses prédécesseurs » (2).

(1) ÉCONOMIE FORESTIÈRE, t. I, pp. 222 et 223.

(2) *Ibid.*, t. I, p. 222. Il nous paraît juste d'ajouter que la plupart ou au moins un grand nombre des aliénations de forêts ainsi consenties par nos rois, l'étaient sous la forme de l'*Engagement;* cela consistait à concéder

Quand Henri IV accéda au trône, les 82 000 hectares de forêts (ou classés comme telles) qui lui appartenaient en propre dans la région pyrénéenne, furent, suivant la coutume, réunies au domaine de la couronne, et l'on ne dit pas que des aliénations nouvelles aient eu lieu sous son règne. Mais depuis lors, ses successeurs, Louis XIII, Louis XIV lui-même, après avoir, en 1669, fait rentrer à la Couronne bon nombre de forêts engagées, puis Louis XV, et enfin la Constituante, par diverses lois rendues en 1790, consentirent ou prescrivirent, sous diverses formes, des aliénations de forêts de l'État.

Pour en finir avec cette question, observons que, sous la Restauration, forcée de liquider le lourd passif légué par le règne antérieur, la loi des finances du 23 septembre 1814 et la loi du 25 mars 1817 en faveur de la caisse d'amortissement avaient prescrit l'aliénation, la première de 300 000 hectares de forêts du Domaine, la seconde de 150 000 hectares de même provenance. Mais ajoutons que les effets de la loi de 1814 furent arrêtés en 1816, après l'aliénation seulement de 45 900 hectares, et qu'il ne fut aliéné, en vertu de la loi de 1817, que 123 000 hectares ; ce qui fait un total en nombre rond de 169 000, soit les trois huitièmes seulement de l'étendue prévue et votée. Sous le règne de Louis-Philippe, l'aliénation des forêts de l'État fut, pour la première fois, dans les vues du ministre Laffite, considérée non plus comme un expédient dans des moments difficiles, mais comme un système financier. Une loi fut promulguée le 25 mars 1831, en vertu de laquelle il fut aliéné entre cette date et l'année

une sorte d'usufruit héréditaire de biens de la Couronne, de forêts le plus souvent, comme gage et garantie d'avances de fonds faites par les engagistes. Que ces abandons de jouissance, équivalant parfois à des dons purs et simples, aient souvent dégénéré en abus, cela n'est pas contesté. Du moins ne revêtaient-ils pas nécessairement le caractère de faveurs gratuites qui avaient été arrachées par l'indiscrète obsession de ceux qui en étaient l'objet. Souvent aussi les domaines engagés ont fait retour à la couronne, comme il a été dit plus haut. On en peut citer des exemples sous les règnes de Philippe le Long, Charles IV, Charles V, Louis XI, François Ier, Charles IX, Louis XIV, le Régent pendant la minorité de Louis XV.

1848, 188 000 hectares de forêts (1). En 1850, M. Fould reprenant la politique financière de M. Laffite, obtint de l'Assemblée nationale, qui du reste n'y consentit qu'à regret, l'autorisation d'aliéner 50 000 hectares.

Sous le Second Empire, c'est-à-dire de 1852 à 1870, de nombreuses aliénations de forêts de l'État furent encore autorisées. D'après M. Becquerel (2), de 1852 à 1864, il en a été vendu 62 691 hectares. Les forêts domaniales ayant été, par la loi du 11 juillet 1866, affectées à la caisse d'amortissement, la loi des finances du 18 du même mois prescrivit d'aliéner des forêts et de vendre des coupes extraordinaires jusqu'à concurrence de 2 500 000 francs. D'autres aliénations encore furent réalisées durant le règne, que l'on peut évaluer à 48 000 hectares environ (3). Le plus souvent, c'est avec autorisation de défricher que furent faites les mises en vente (4).

(A suivre). C. DE KIRWAN.

(1) Tous ces chiffres résultent des données fournies par M. Huffel, *op. cit.*, pp. 226 et suiv.

(2) Mémoire lu à l'Académie des sciences. *Comptes rendus*, séance du 22 mai 1865.

(3) Il n'y a pas un parfait accord sur l'étendue des forêts aliénées de 1814 à 1870. M. Huffel, dans une note au bas de la page 228 de son tome Ier, s'exprime ainsi : « La contenance totale des bois domaniaux aliénés de 1814 à 1870 est de 358 912 hectares. » Or, en additionnant les chiffres partiels énoncés dans le texte, on arrive à un résultat sensiblement différent :

45 900	hect.	aliénés en vertu de la loi des finances de 1814 (p. 226) ;		
123 000	»	»	»	loi du 25 mars 1817 (p. 227) ;
188 166	»	»	»	loi du 25 mars 1831 (d°) ;
62 691	»	aliénés de 1852 à 1864 d'après M. Becquerel ;		

Total 419 757 hectares, non compris les aliénations effectuées en vertu de la loi de 1850 et celles qui ont eu lieu de 1864 à 1870, évaluées à 48 000 hectares.

Les données de M. Becquerel seraient encore inférieures. Il ne porte qu'à 216 000 hectares les aliénations opérées de 1820 à 1851. Et, d'après les chiffres indiqués par M. Huffel, pp. 226 et 227, le nombre d'hectares aliénés dans cette période serait de 357 065 — 45 900 = 311 165 hectares. Ajoutons que, deux pages plus haut, le même auteur évalue à 359 000 hectares les forêts domaniales vendues de 1814 à 1870.

(4) Nous ne pouvons considérer, avec M. Huffel, comme « aliénations » véritables et comme « cédées gratuitement aux dépens du domaine de l'État », les 24 667 hectares restitués à la Maison d'Orléans par l'Assemblée nationale en 1872 ; car il s'agissait d'une restitution en toute justice de biens arbitrairement confisqués aux princes de cette maison par décret présidentiel du 22 janvier 1852.

LES ORIGINES DE LA STATIQUE [1]

CHAPITRE XVII

LA COORDINATION DES LOIS DE LA STATIQUE *(suite)*

6. *Le parallélogramme des forces et la Dynamique*
Les OBSERVATIONS *de Roberval*
Pierre Varignon (1654-1722) — *La* LETTRE *du P. Lamy*
Les PRINCIPES *de Newton* — *La* NÉO-STATIQUE
du P. Saccheri

En dépit des critiques, bien mal justifiées, de Borelli, la loi de la composition des forces apparaîtra bientôt aux mécaniciens comme le principe qui doit servir à débrouiller toutes les questions de Statique. Dès lors, il y va de l'honneur de ce principe qu'il soit rendu indépendant de toute autre loi relative à l'équilibre, qu'il soit séparé des considérations sur le levier ou sur le plan incliné dont il découlait jusqu'ici ; il faut qu'on y parvienne d'emblée, à partir des lois premières du mouvement.

Cette justification directe par les principes de la Dynamique, la règle de la composition des forces va la trouver en remontant à ses toutes premières origines, aux raisonnements des Μηχανικὰ προβλήματα.

Aristote ou l'auteur, quel qu'il soit, des *Quæstiones*

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1903, p. 463, avril 1904, p. 560, juillet 1904, p. 9, octobre 1904, p. 394, janvier 1905, p. 96, avril 1905, p. 462, juillet 1905, p. 115, octobre 1905, p. 508, janvier 1906, p. 115, et avril 1906, p. 383.

mechanicæ connaissait fort bien la règle de composition des vitesses. Or, pour lui, nous l'avons dit (1), connaître la loi de la composition des vitesses, c'était connaître la loi de la composition des forces, car, en vertu de l'axiome fondamental de la Dynamique péripatéticienne, une force constante produit un mouvement uniforme et la vitesse de ce mouvement est proportionnelle à la force qui l'engendre. On peut donc dire, si l'on veut, que la loi de la composition des forces a été connue dès l'antiquité. Si les auteurs modernes, si Léonard de Vinci, Stevin et Roberval se sont efforcés à la démonstration de cette loi, c'est qu'ils voulaient des preuves purement statiques, des preuves qui ne supposassent pas la proportionnalité entre la force qui meut et la vitesse du mobile ; la raison de ces efforts apparaissait très clairement à Stevin, qui regardait la Dynamique péripatéticienne comme condamnée et ne savait encore quelle Dynamique prendrait sa place.

Comme Stevin, Descartes pensait, nous l'avons vu, que l'ancienne Dynamique était à refaire, que la Dynamique nouvelle n'était pas encore faite ; il importait, par conséquent, de fonder la science de l'équilibre, au moins provisoirement, sur des postulats autonomes, sur des axiomes dont la certitude ne dépendît pas de la forme qui serait attribuée aux lois du mouvement.

A l'égard du principe péripatéticien qui affirme la proportionnalité entre la force et la vitesse, Roberval, lui aussi, éprouvait quelques doutes ; témoin ce passage que nous lisons dans son *Traicté de Méchanique* inédit (2) :

« Et quoyque la force ou impression augmente, et en conséquence la vistesse, il ne faut pas croire pourtant que cette vistesse augmente à proportion. Pour exemple, il ne faut pas croire qu'une double force ou impression cause à un mesme corps, une double vistesse, encore que toutes

(1) V. Chapitre VI, n° 2.

(2) *Traicté de Méchanique et spécialement de la conduitte et élevation des eaux*, par Monsieur de Roberval (Bibliothèque nationale, fonds latin, Ms. n° 7226, fol. 145, recto).

les autres conditions soient pareilles. Au contraire, pour causer une double vistesse, il faudroit souvent plus que le double de l'impression, sans pourtant qu'on sçache l'augmentation de l'une à proportion de l'autre, qui est une vérité fort difficile à découvrir. »

Le scrupule dont témoigne ce passage est malheureusement isolé dans l'œuvre de notre géomètre ; partout ailleurs, Roberval raisonne en péripatéticien.

Cet auteur, nous l'avons vu (1), est le premier qui ait publié des démonstrations statiques correctes de la règle de composition des forces ; il en a donné deux, dont la seconde, tirée de l'axiome que Descartes devait formuler d'une manière générale, est fort belle. Néanmoins, pour avoir adopté l'idée que la loi du parallélogramme des forces devait être justifiée par des méthodes purement statiques et avoir assuré le succès de cette idée, il n'a pas jugé qu'il fût tenu d'abandonner l'antique manière de voir d'Aristote.

En mourant (1675), Roberval laissa, en manuscrit, ses *Observations sur la composition des mouvemens, et sur le moyen de trouver les touchantes des lignes courbes* (2), qui sont un de ses grands titres à la gloire géométrique. La Mécanique n'apparaît que d'une manière fort accessoire en cet ouvrage, mais elle y apparaît sous une forme nettement péripatéticienne.

« Puissance, dit Roberval (3), est une force mouvante ; Impression est l'action de cette puissance ; la Ligne de direction de la puissance est celle par laquelle la puissance meut le mobile... Nous avons encore défini la

(1) V. chapitre XIII, 2.

(2) *Divers ouvrages* de M. Personier *(sic)* de Roberval *Observations sur la Composition des Mouvemens et sur le moyen de trouver les Touchantes des lignes courbes*. Imprimé une première fois dans le recueil intitulé : DIVERS OUVRAGES DE MATHÉMATIQUES ET DE PHYSIQUE PAR MESSIEURS DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, à Paris, MDCXCIII, et réimprimé dans les MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES depuis 1666 jusqu'à 1699 ; Tome VI, MDCCXXX ; p. 1.

(3) Roberval, *loc. cit.*, p. 2.

puissance en tant qu'elle nous peut servir considérant les diversités des mouvemens, ce qui n'empêche pas que dans d'autres spéculations, nous n'entendions par le mot de puissance une force capable de soutenir un poids ou de quelque autre effet. »

D'ailleurs, un peu plus loin (1), Roberval considère « dans les corps deux sortes d'impressions qui les peuvent faire mouvoir ; l'une qui les chasse d'un lieu vers un autre avec violence : telle est celle que la raquette donne à la bale, la corde d'un arc à la flèche, etc. L'autre qui se fait par attraction des corps, soit que cette attraction soit réciproque ou non... »

Il n'est donc point douteux que, parmi les *puissances* dont il considère l'*impression*, Roberval ne range le poids, la « vertu de l'aiman » (2), et les autres forces.

« Généralement (3), en ce Traité, nous considérerons deux choses dans les mouvements, leur direction et leur vitesse. »

Que la direction du mouvement coïncide avec la *ligne de direction* de la puissance qui le produit, c'est ce qui résulte de la définition même que notre géomètre a donnée des mots : *ligne de direction* ; c'est ce qui résulte encore sans ambiguïté possible de propositions telles que celle-ci :

« La direction (4) d'une puissance mouvant un mobile, lequel par son mouvement décrit une circonférence de cercle, est la ligne perpendiculaire de l'extrémité du diamètre, au bout duquel le mobile se trouve. »

Cette proposition est trop exactement conforme à la Dynamique péripatéticienne pour ne nous point annoncer que Roberval accepte l'axiome même sur lequel repose cette Dynamique, la proportionnalité entre l'*impression* d'une *puissance* et la vitesse du mouvement uniforme qu'elle engendre. En dépit du doute émis en son *Traicté*

(1) Roberval, *loc. cit.*, p. 9.
(2) Id., *ibid.*, p. 10.
(3) Id., *ibid.*, p. 2.
(4) Id., *ibid.*, p. 3.

de Méchanique, cet axiome semble si évident au professeur du Collège de France qu'il ne songe, nulle part, à en demander l'acceptation ; mais il l'invoque de la manière la plus claire, et cela précisément pour identifier le problème de la composition des forces avec le problème de la composition des mouvements ou des vitesses :

« Or nous entendons (1) qu'un mouvement est composé de plusieurs mouvemens, lors que le mobile duquel il est le mouvement, est meû par diverses impressions... »

« Mais nous remarquerons (2) qu'en cette première composition de mouvemens (deux mouvements uniformes de directions fixes) et généralement en toutes les autres, nous pouvons considérer six choses. Sçavoir trois directions qui sont les deux simples, et la composée, et trois impressions qui sont les deux simples et la composée. »

« Or si les trois directions nous sont données, les trois impressions sont aussi données, *c'est à dire les proportions des vitesses des trois mouvemens.* »

Ainsi donc, dans ses *Observations sur la composition des mouvemens*, Roberval ramène la règle de la composition des forces à la Dynamique, mais à la Dynamique péripatéticienne ; son écrit se soude de la manière la plus naturelle aux *Quæstiones mechanicæ* et aux *Causes* de Charistion.

Aux *Observations sur la composition des mouvemens* est annexé (3) le *Projet d'un livre de Mécanique traitant des mouvemens composez ;* ce livre, dont deux feuillets nous font connaître seulement l'avant-propos, eût, assurément, été rédigé dans le même esprit péripatéticien que les *Observations*.

Les *Observations* de Roberval furent imprimées seulement en 1693, longtemps après la mort de l'auteur ; mais la doctrine sur les mouvements composés qui s'y trouvait renfermée, la méthode pour « tirer les touchantes

(1) Roberval, *loc. cit.*, p. 4.
(2) Id., *ibid.*, p. 6.
(3) Id., *ibid.*, p. 90.

aux lignes courbes » qui s'en déduisait, furent assurément connues beaucoup plus tôt, soit par tradition orale issue de l'enseignement que Roberval donnait au Collège de France, soit par communication de manuscrits. Les pensées contenues en cet écrit semblent avoir exercé une profonde influence sur les recherches de Varignon.

« Dès que M. Varignon eut découvert (1) que les mouvemens composez expliquoient avec une grande facilité l'emploi des forces dans les Machines ; qu'ils donnoient exactement les rapports de ces forces, selon quelque direction qu'on les y supposât placées, avantage qui manquoit aux méthodes que l'on avait suivies avant lui ; il s'attacha à en faire l'application aux Machines simples ; et en 1685, dans l'*Histoire de la République des Lettres*, il donna un Mémoire sur les poulies à moufles (2), dans lequel il se servoit des mouvemens composez pour déterminer tout ce que l'on peut désirer sur cette espèce de Machine. »

En 1687, Pierre Varignon se fit connaître du public par son *Projet d'une nouvelle Méchanique* (3), dédié à

(1) Avertissement à la *Nouvelle Mécanique* de Varignon.

(2) Pierre Varignon, *Démonstration générale de l'usage des poulies à moufle* (HISTOIRE DE LA RÉPUBLIQUE DES LETTRES, mai 1687, p. 487). Je n'ai pu me procurer cet écrit. Je transcris ici ce qu'en dit Lagrange (*Mécanique Analytique*, Première Partie, Section I, Art. 13) : « L'auteur y considère l'équilibre d'un poids soutenu par une corde qui passe sur une poulie, et dont les deux parties ne sont pas parallèles. Il n'y fait point usage ni même mention du principe de la composition des forces, mais il emploie les théorèmes déjà connus sur les poids soutenus par des cordes, et il cite les Statiques de Pardis et de Dechales. Dans une seconde démonstration, il réduit la question au levier, en regardant la droite qui joint les deux points où la corde abandonne la poulie, comme un levier chargé du poids appliqué à la poulie, et dont les extrémités sont tirées par les deux portions de la corde que soutient la poulie. » On voit donc, comme le remarque Lagrange, que l'avertissement à la *Nouvelle Mécanique* « manque d'exactitude » en prétendant que Varignon « se servoit des mouvemens composez » dans son travail sur les poulies à moufle.

(3) *Projet d'une nouvelle méchanique* avec un examen de l'opinion de M. Borelli sur les propriétez des poids suspendus par des cordes. (Sans nom d'auteur). A Paris, chez la veuve d'Edme Martin, Jean Boudot et Estienne Martin, ruë S. Jacques, au Soleil d'or, MDCLXXXVII.

l'Académie des Sciences. Il ne cessa, sa vie durant, de travailler au traité de Statique dont ce *Projet* traçait le plan ; mais ce traité (1) ne parut que trois ans après sa mort, imprimé par les soins de Beaufort et de l'abbé Camus.

Le *Projet d'une Nouvelle Méchanique* débute par une préface où Varignon initie le lecteur aux démarches par lesquelles son esprit a acquis une vue claire des lois de l'équilibre; l'auteur pense sans doute, par cette confidence, nous faire admirer l'originalité de ses intuitions et la rare profondeur de ses méditations ; mais cet objet n'est qu'imparfaitement atteint ; nous reconnaissons bientôt, dans les réflexions de Varignon, une suite de pensées qu'il est fort habituel de rencontrer dans les traités de Mécanique composés peu de temps avant le sien ; en sorte que ce qui nous frappe, dans l'œuvre de ce géomètre, c'est bien moins la force et la nouveauté des pensées qu'elle contient que la clarté et la fidélité avec lesquelles elle reflète les idées de ses contemporains.

« A l'ouverture du second Tome des Lettres de Monsieur Descartes, dit Varignon (2), je tombai sur un endroit de la 24 où il est dit que *c'est une chose ridicule que de vouloir employer la raison du Levier dans la Poulie.* Cette réflexion m'en fit faire une autre : Sçavoir s'il est plus raisonnable de s'imaginer un levier dans un poids qui est sur un plan incliné que dans une poulie. Après y avoir pensé, il me sembla que ces deux machines étant pour le moins aussi simples que le levier, elles n'en devoient avoir aucune dépendance, et que ceux qui les y rapportoient, n'y étoient forcez que parce que leurs principes n'avaient

(1) *Nouvelle Mécanique ou Statique dont le projet fut donné en* MDCLXXXVII. Ouvrage posthume de M. Varignon, des Académies Royales des Sciences de France, d'Angleterre et de Prusse, Lecteur du Roy en Philosophie au Collège Royal, et Professeur de Mathématiques au Collège Mazarin. A Paris, chez Claude Jombert, ruë S. Jacques, au coin de la ruë des Mathurins, à l'Image Notre-Dame, MDCCXXV.

(2) Varignon, *Projet d'une nouvelle Méchanique*, Préface.

pas assez d'étenduë pour en pouvoir démontrer les propriétez indépendamment les unes des autres...

» C'est peut-être ce qui a porté M. Descartes et M. Wallis à prendre une autre route ; quoi qu'il en soit, ce n'a pas été sans succez : puisque celle qu'ils ont suivie, conduit également à la connaissance des usages de chacune de ces machines, sans être obligé de les faire dépendre l'une de l'autre ; outre qu'elle a mené M. Wallis beaucoup plus loin qu'aucun Autheur, que je sçache, n'eût encore été de ce côté là.

» La comparaison que je fis de ces deux sortes de principes, me fit sentir que ceux d'Archimède n'étoient ny si étendus, ny si convainquants que ceux de M. Descartes et de M. Wallis ; mais je ne sentis point que les uns ni les autres m'éclairassent beaucoup : J'en cherchai la raison, et ce défaut me parut venir de ce que les autheurs se sont tous plus attachés à prouver la nécessité de l'équilibre, qu'à montrer la manière dont il se fait.

» Ce fut ce qui me fit résoudre à prendre le parti d'épier moi-même la nature, et d'essayer si, en la suivant pas à pas, je ne pourrais point apercevoir comment elle s'y prend pour faire que deux puissances, soit égales, soit inégales, demeurent en équilibre. Enfin je m'appliquai à chercher l'équilibre lui-même dans sa source, ou pour mieux dire, dans sa génération. »

Varignon donne alors un exemple de cette méthode qui permet de découvrir la génération même de l'équilibre ; il analyse l'équilibre d'un corps sur un plan incliné ; il montre comment la tension du fil qui retient le corps et la pesanteur de cette masse ont une résultante précisément normale au plan. Il ne dit rien à cet égard qui ne se trouve déjà dans Stevin, qui n'ait été maintes fois reproduit par Mersenne, par Herigone, par Wallis, par tous ceux qui ont écrit au sujet de la Statique.

« Après avoir ainsi trouvé la manière dont l'équilibre se fait sur des plans inclinez, je cherchai par le même

chemin comment des poids soutenus avec des cordes seulement, ou appliquez à des poulies, ou bien à des leviers, font l'équilibre entr'eux, ou avec les puissances qui les soutiennent; et j'aperçus de même que tout cela se faisoit encore par la voye des mouvemens composez, et avec tant d'uniformité que je ne pus m'empêcher de croire que cette voye ne fût véritablement celle que suit la nature dans le concours d'action de deux poids, ou de deux puissances, en faisant que leurs impressions particulières, quelque proportion qu'elles ayent, se confondent en une seule qui se décharge tout entière sur le point où se fait cet équilibre : De sorte que la raison Physique des effets qu'on admire le plus dans les machines me parut être justement celle des mouvemens composez...

» Des vuës si étenduës me surprirent, et l'évidence avec laquelle le détail de tout cela me paroissoit, indépendamment même du général, me confirma encore dans l'opinion où j'étois, qu'il faut entrer dans la génération de l'équilibre pour y voir en soi, et pour y reconnoître les propriétez que tous les autres principes ne prouvent, tout au plus, que par nécessité de conséquence. »

Comment Varignon est-il arrivé à cette opinion « que la raison physique des effets qu'on admire le plus dans les machines est justement celle des mouvemens composez » ? On n'en saurait douter : Il y est parvenu par la voie même que Roberval a suivie dans ses *Observations* ; il y a été conduit par les principes de la Dynamique péripatéticienne dont il ne semble avoir douté en aucun de ses écrits de Statique.

Non seulement Varignon ne révoque pas en doute l'axiome fondamental de la Dynamique d'Aristote, mais il le formule explicitement (1), il en fait l'axiome premier d'où découleront toutes ses déductions : « Les espaces, dit-il, que parcourt un même corps, ou des corps égaux

(1) Varignon, *Projet d'une nouvelle Méchanique*, p. 1, Axiome.

dans des tems égaux, sont entre-eux comme les forces qui les meuvent ; et reciproquement lorsque ces espaces sont entre-eux comme ces forces, elles les font parcourir au même corps, ou à des corps égaux en tems égaux. »

Mais peut-être objectera-t-on que la similitude entre l'axiome d'Aristote et l'axiome de Varignon est une similitude apparente ; que la proposition énoncée par Varignon s'accorderait avec la Dynamique moderne, pourvu que les corps considérés partissent du repos ; que cette restriction était sans doute présente à l'esprit de Varignon, mais qu'il a négligé de la formuler.

Si l'opinion que nous avons émise pouvait être ébranlée par ces doutes, il nous suffirait, pour la raffermir, de lire le début de la *Nouvelle Mécanique*.

Après avoir déclaré (1) que la Pesanteur est une force ; que « c'est sur cette mesure que se fait d'ordinaire l'estimation de toutes les autres forces moins connuës,... de sorte que l'on dit d'une force quelconque, qu'elle est d'une livre, de trois, etc. », Varignon formule ses axiomes ; et, dans la liste des postulats qu'il énumère, nous trouvons ceux-ci :

« I. Les effets sont toûjours proportionnels à leurs causes ou forces productrices, puisqu'elles n'en sont les causes qu'autant qu'ils en sont les effets, et seulement en raison de ce qu'elles y causent. »

. . . . . .

« VI. Les vîtesses d'un même corps, ou de corps de masses égales, sont comme les forces motrices qui y sont employées, c'est-à-dire, qui y causent ces vîtesses ; réciproquement lorsque les vîtesses sont en cette raison, elles sont celles d'un même corps, ou de corps de masses égales. »

« VII. Les espaces parcourus de vîtesses uniformes en tems égaux par des corps quelconques, sont entr' eux

(1) Varignon, *Nouvelle Mécanique ou Statique*, tome I, p. 3.

comme ces mêmes vîtesses ; et réciproquement lorsque ces espaces sont en cette raison, ils ont été parcourus en tems égaux. »

« VIII. Les espaces parcourus en tems égaux par un même corps, ou par des corps de masses égales, sont comme les forces qui les leur font parcourir ; et réciproquement lorsque ces espaces sont en cette raison, ils sont parcourus en tems égaux par un même corps, ou par des corps de masses égales. Cet Axiome-ci est un Corollaire des deux précédens. Ax. 6. 7. »

« Le mot *vîtesse* dans la suite y signifiera toujours *vîtesse uniforme*, à moins qu'on n'y avertisse du contraire. »

Il est impossible de formuler avec plus de netteté l'Axiome dynamique constamment invoqué dans les *Physicæ Auscultationes* et dans le *De Cœlo*, supposé dans les *Quæstiones mechanicæ ;* et, certes, on ne peut sans stupeur songer que celui qui affirme cet axiome d'une manière si claire et si explicite est un mécanicien illustre, contemporain de Newton. L'erreur est vivace ; la déraciner entièrement est long et difficile ; toujours, de quelque souche que l'on croyait morte, pousse un surgeon imprévu ; de cette vitalité de l'idée fausse, les opinions que Varignon professait en Dynamique sont un saisissant exemple.

Puisque Varignon admet les principes de la Dynamique d'Aristote, la loi de la composition des forces ne saurait offrir à ses yeux aucune obscurité ; elle est ramenée à la loi de composition des vîtesses et s'obtient (1) par la méthode même qu'a suivie Roberval.

Une fois le principe de la composition des forces ainsi établi, Varignon y ramène tous les cas d'équilibre que l'on peut rencontrer dans les machines ; en tous ces cas, les forces résultantes sont annihilées par les appuis. Ce que sont les procédés de réduction employés, à quel point ils

(1) Varignon, *Projet d'une nouvelle Méchanique*, p. 6. — *Nouvelle Mécanique ou Statique*, tome I, p. 14.

sont presque toujours ingénieux, mais trop souvent artificiels, il n'est pas utile que nous le marquions en détail. Beaucoup de ces procédés, devenus classiques, sont encore en usage dans l'enseignement.

C'est seulement dans la *Nouvelle Mécanique* (1) que Varignon est parvenu au théorème célèbre que nous énonçons aujourd'hui sous cette forme : *Par rapport à un point quelconque pris dans leur plan commun, le moment de la résultante de deux forces est égal à la somme algébrique des moments des composantes.* Grâce à ce beau théorème, son nom est aujourd'hui connu du plus humble étudiant en Mécanique. Cependant, il n'eut pas grand effort à faire pour le découvrir.

Léonard de Vinci avait déjà aperçu la vérité de cette proposition dans le cas où le point auquel on rapporte les moments est pris sur la direction de l'une des trois forces ; l'un des moments est alors égal à zéro. Sous cette forme, Stevin l'avait retrouvée et publiée ; après lui, Roberval, Herigone, Wallis, De Challes, Casati, Pardies, Borelli, l'avaient tous reproduite. Une généralisation bien aisée suffisait à donner le théorème qu'expose la *Nouvelle Mécanique*. Cependant, l'écolier qui répète le nom de Varignon ignore celui de Simon Stevin.

La réduction systématique de la Statique à la règle de composition des forces concourantes ne s'offrit pas seulement à l'esprit de Varignon ; elle se présenta en même temps aux méditations du P. Lamy. Celui-ci exposa ses idées, en 1687, sous forme d'une lettre (2) adressée « à

(1) Varignon, *Nouvelle Mécanique*, Section première, Lemme XVI ; tome I, p. 84.

(2) *Nouvelle manière de démontrer les principaux théorèmes des élémens des Méchaniques.* Pour servir d'addition au Traité de Méchanique du R. P. Lamy, Prêtre de l'Oratoire. A Paris, chez André Pralard, ruë S. Jacques, à l'Occasion. MDCLXXXVII. — Les quelques pages dont se compose cet opuscule furent, en effet, accolées aux anciens *Traitez de Méchanique* du P. Lamy, dont le faux-titre fut également changé et remplacé par celui-ci : *Traitez de Méchanique, de l'équilibre des solides et des liqueurs.* Nouvelle édition. Où l'on ajoûte une nouvelle manière de

Monsieur de Dieulamant, Ingénieur du Roy, à Grenoble ».

Citons quelques passages de cette lettre : « 1° Lorsque deux forces tirent le corps Z (fig. 109) par les lignes AC et BC qu'on appelle lignes de *direction* de ces deux forces, il est évident que le corps Z n'ira pas ni sur la ligne AC, ni sur la ligne BC, mais par une autre ligne entre AC et BC, quelle que soit cette ligne que je nomme X, qui sera le chemin par lequel Z marchera.

» 2° Si le chemin X étoit fermé, alors Z qui est déter-

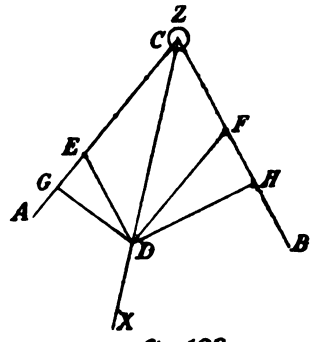


fig. 109.

miné à marcher par ce chemin demeureroit immobile, ainsi les forces seroient en équilibre... »

« 4° Force, c'est ce qui peut mouvoir. On ne mesure les mouvemens que par les espaces qu'ils parcourent. Supposons donc que la force A est à B comme 6 est à 2. Donc si A dans un premier instant tiroit à soi le corps Z jusqu'au point E, dans le même instant, B ne l'auroit tiré que jusques en F ; je suppose que CF n'est qu'un tiers de CE. Nous avons vû que Z ne peut pas aller par AC ni par BC ; ainsi il faut que dans le premier instant, il vienne à D où il répond à E et à F, c'est à dire qu'il a parcouru la valeur de CE et de FC.

démontrer les principaux théorèmes de cette Science. Par le P. Lamy, Prêtre de l'Oratoire. A Paris, chez André Pralard, ruë S. Jacques, à l'Occasion. MDCLXXXVII.

» Tout le monde convient de cela... »

« 6° Cette ligne X a ce rapport avec les lignes de direction des deux forces A et B que, de quel qu'un de ses points qu'on mène deux perpendiculaires sur ces deux lignes, elles sont entre elles réciproquement comme ces forces, ou comme DE à DF. »

Après avoir réduit à la composition des forces la théorie du plan incliné et du treuil, la loi d'équilibre d'une verge soutenue par deux cordes, etc., le P. Lamy ajoute : « Je ne crois donc pas qu'on puisse souhaiter un principe plus simple et plus fécond pour résoudre tous les problèmes qu'on peut faire sur les Méchaniques, et déterminer exactement la force de toutes les machines, de quelque manière qu'on leur applique les forces dont on se sert pour les remuer. »

L'analogie était très grande entre les idées que Varignon exposait dans son *Projet d'une Nouvelle Méchanique* et celle que le P. Lamy esquissait en même temps dans la lettre à M. de Dieulamant. Aussi, dans l'*Histoire des Ouvrages des Sçavans* de 1688, Basnage accusa-t-il le P. Lamy de plagiat à l'égard de Varignon : « Il y a apparence, disait-il, que le P. Lamy doit à M. Varignon la découverte de ces nouveaux principes de Méchanique. » Le P. Lamy se défendit (1) très vivement contre cette accusation et affirma l'indépendance non douteuse de sa découverte par rapport aux recherches de Varignon.

Le P. Lamy eût été en droit de signaler une différence entre la démonstration qu'il donnait de la loi du parallélogramme des forces et celle qu'en donnait Varignon, et de tirer vanité de cette différence ; elle était cependant bien minime en apparence ; elle consistait toute dans l'in-

(1) La *Nouvelle édition* des *Traitez de Méchanique* du P. Lamy se termine par un *Extrait du Journal des Sçavans* du Lundy 13 septembre 1688. Mémoire servant de Réponse à ce que l'Auteur de l'Histoire des ouvrages des Sçavans dit au mois d'avril 1688, art. 3, touchant une lettre où le P. Lamy proposa l'année dernière une nouvelle manière de démontrer les principaux Théorèmes des Élémens de Méchanique.

troduction de ces quelques mots : « Dans le premier instant » ; mais elle était bien profonde en réalité, puisque d'un raisonnement qui rapportait la loi de la composition des forces à la Dynamique péripatéticienne, elle faisait un raisonnement capable de rattacher la même loi à la Dynamique moderne. Il est bien vrai, en effet, selon cette Dynamique, que si diverses forces, constantes ou variables, agissent successivement sur un même mobile partant du repos, les vitesses qu'elles lui communiquent au bout d'un temps infiniment petit, le même pour toutes, sont proportionnelles aux intensités de ces forces.

En même temps donc qu'il proposait de réduire toute la Statique à un principe unique, représenté par la règle de la composition des forces, le P. Lamy parvenait à tirer cette règle des lois d'une Dynamique exacte. Or, au moment même où il adressait sa lettre à M. de Dieulamant, Newton faisait paraître son immortel ouvrage (1) sur les Principes mathématiques de la Philosophie naturelle. Le grand géomètre se proposait, lui aussi, de tirer des principes sur lesquels repose la science du mouvement une justification de la loi de la composition des forces ; il y parvenait en suivant exactement la même voie que le P. Lamy ; peut-être marquait-il cette voie d'une manière un peu moins claire que ne l'avait fait le savant oratorien.

A chaque force, Newton fait correspondre (2) ce que l'on pourrait nommer une *force instantanée*, ce qu'il désigne par les mots : *vis impressa*. Au sujet de cette *vis impressa*, il donne cette indication : « Consistit hæc vis in actione sola, neque post actionem permanet in corpore. » Il semble que sous cette formule, trop concise pour être claire, il faille deviner la pensée suivante : La *vis impressa* est l'effet produit par une force qui agit sur

(1) *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, auctore Isaaco Newtono. Londini, MDCLXXXVII.

(2) Newton, *loc. cit.*, Definitiones. Definitio IV.

un mobile pendant un temps infiniment petit, choisi une fois pour toutes.

La *vis impressa* détermine alors le mobile à se mouvoir en ligne droite, d'un mouvement uniforme dont, pour un mobile donné, la vitesse est proportionnelle à l'intensité de la force qui a été appliquée pendant un instant. De là, Newton tire sans peine la démonstration (1) de la loi du parallélogramme des forces.

Lorsque nous comparons aujourd'hui la déduction par laquelle Newton et le P. Lamy ont obtenu la loi de composition des forces concourantes à la voie par laquelle Varignon est parvenu au même résultat, nous faisons entre ces deux méthodes une extrême différence. Varignon obtient la loi du parallélogramme des forces au moyen de la loi de composition des vitesses et de cet axiome : Une force est dirigée comme la vitesse du mouvement qu'elle produit ; elle est proportionnelle à cette vitesse. Newton et le P. Lamy, au contraire, font usage de la règle de composition des accélérations et de ce postulat : L'accélération d'un mobile est dirigée comme la force qui le sollicite et est proportionnelle à cette force. De ces deux principes, nous réputons le premier erreur grave et le second vérité essentielle.

Il ne paraît pas que les géomètres du XVIIe siècle ou du XVIIIe siècle aient attaché la moindre importance à cette distinction. Les propositions auxquelles la Dynamique péripatéticienne avait, depuis deux mille ans, accoutumé les physiciens étaient encore familières à tous les esprits ; on continuait tout naturellement à les invoquer toutes les fois que leurs conséquences ne heurtaient pas trop violemment les vérités découvertes par la nouvelle Dynamique.

De ce que nous venons d'avancer, les écrits de Varignon ne nous offrent-ils pas un exemple saisissant ?

Lorsqu'en 1687, Varignon donne son *Projet d'une*

(1) Newton, *loc. cit.*, Axiomata, sive leges motus. Corollarium I.

nouvelle Méchanique, il prend pour point de départ de ses déductions des axiomes que l'on dirait empruntés à la *Physica auscultatio* ou au *De Cœlo*. Mais, à ce moment, Lamy et Newton montrent que les mêmes conséquences se peuvent tirer d'une Dynamique exacte. Varignon a sûrement connu la *Lettre* du P. Lamy et il serait de toute invraisemblance qu'il eût ignoré les *Principes* de Newton. En ces deux écrits, il trouvait le moyen de corriger ses raisonnements et de les rendre saufs de tout emprunt à une Physique surannée. S'est-il soucié de le faire? Aucunement. Pendant trente-cinq ans, il consacre ses efforts à développer les indications contenues dans le *Projet*, et la *Nouvelle Mécanique* qu'il produit par ce labeur persévérant se trouve plus profondément imprégnée de Dynamique péripatéticienne que son premier essai.

La *Néo-Statique* du P. Saccheri prête à des remarques analogues.

Le P. Saccheri est originaire de San Remo, où il naquit à une date inconnue. Il mourut à Milan, le 5 octobre 1733. L'année même de sa mort, il avait publié un livre de géométrie intitulé : *Euclides ab omni nævo vindicatus* (1).

Cet ouvrage suffit à prouver que le P. Saccheri était un logicien original et puissant. Il lui a valu l'honneur d'être salué par Beltrami (2) comme un précurseur de Legendre et de Lobatchewsky ; et M. P. Mansion (3) a pu dire de cet ouvrage : « Malgré ses défauts, l'*Euclides ab omni nævo vindicatus* est l'ouvrage le plus remarquable que

(1) *Euclides ab omni nævo vindicatus sive conatus geometricus* quo stabiliuntur prima universæ geometriæ principia, auctore Hieronymo Saccherio, Societatis Jesu, in Ticinensi Universitate Matheseos professore. Opusculum ex^mo^ Senatui Mediolanensi ab auctore dicatum. Mediolani, MDCCXXXIII. Ex typographia Pauli Antonii Montani.

(2) E. Beltrami, *Un precursore italiano di Legendre e di Lobatchewski* (RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI, t. V, p. 441 ; 17 mars 1889).

(3) P. Mansion, *Analyse des recherches du P. Saccheri, S. J, sur le Postulatum d'Euclide* (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, XIVe année, 1889-90, seconde partie, p. 46).

l'on ait écrit sur les *Éléments* avant Lobatchewsky et Bolyai. »

Un tel géomètre semble particulièrement apte à éviter les paralogismes lorsqu'il traite des principes de la Mécanique; en sorte que l'on pourrait croire sa *Néo-Statique* (1), publiée en 1703, exempte de toute contradiction.

Un écrit de son confrère, le P. Ceva (2), avait signalé à l'attention du P. Saccheri certaines propriétés remarquables d'une pesanteur qui attirerait les éléments de volume des divers corps vers un centre fixe, et dont l'intensité serait proportionnelle à la distance de l'élément attiré au centre commun des graves.

Cette loi de gravité est précisément celle que Jean de Beaugrand, *le Géostaticien*, avait proposée et que Fermat acceptait avec quelques nuances.

Au sujet d'une pesanteur soumise à cette loi, Saccheri se propose de démontrer deux propositions qui sont, d'ailleurs, parfaitement exactes.

La première de ces propositions, qui semble condenser ce que les vues erronées de Fermat contenaient de vérité diffuse, peut se formuler ainsi : Si la gravité suit une telle loi, la pesanteur résultante d'un corps passe toujours par un point (*centre de gravité*) qui occupe, dans ce corps, une position absolument fixe et indépendante de la situation du corps.

La seconde de ces propositions affirme qu'un point, abandonné sans vitesse initiale et tombant en chute libre, mettra toujours le même temps pour parvenir au centre commun des graves, quelle que soit, au début du mouvement, sa distance à ce centre.

Des deux propositions que Saccheri se propose d'établir,

(1) *Neo-Statica* auctore Hieronymo Saccherio, e Societate Jesu, in Ticinensi Universitate matheseos professore, excellentissimo Senatui Mediolanensi; MDCCVIII. Ex typographia Josephi Pandulphi Malatestæ.

Je dois au R. P. Thirion la connaissance et la communication de ce rare ouvrage; qu'il me permette de lui en exprimer ici ma vive reconnaissance.

(2) Cf. Saccheri, *Neo-Statica*, lib. IV, Introductio, p. 125.

l'une ressortit à la Statique et l'autre à la Dynamique ; il nous sera donc donné de connaître les principes que le savant Jésuite emploie en ces deux branches de Mécanique.

Au point de départ de ses déductions, Saccheri place la notion de *momentum* (1) ; cette notion, voisine de celle que Galilée nommait *memento*, identique à la *quantité de mouvement* de Descartes, s'obtient en multipliant la *masse* (2) du mobile par la *vitesse* dont il est animé ; à cette vitesse même, Saccheri donne, en général, le nom d'*impetus* (3).

La composition et la décomposition des *momenta* ou des *impetus* n'est pas autre chose que la composition et la décomposition des vitesses ; de ce problème, il n'est point malaisé à Saccheri d'exposer la solution, connue depuis Aristote. Mais bientôt (4), nous voyons que les propositions ainsi obtenues subissent une insensible transposition; un imperceptible glissement transporte à la *vis motrix* ce que l'on avait prouvé de l'*impetus*, et les lois cinématiques de la composition des vitesses se transforment en lois statiques de la composition des forces, sans que l'auteur ait paru s'apercevoir de ce changement, que le lecteur discerne à grand'peine.

C'est par une telle transposition des *forces* aux *impetus* que se trouve évaluée (5) la pesanteur apparente d'un grave sur un plan incliné. Sans doute, il est question, en cette évaluation, de *vitesse à partir du repos (impetus ex quiete)* et l'on pourrait y voir l'indication que les forces doivent être mesurées par la vitesse qu'elles impriment, au bout d'un temps infiniment court, au mobile partant du repos ; les raisonnements de Saccheri seraient alors semblables à ceux de Lamy et de Newton ; ils seraient

(1) Saccheri, *Neo-Statica*, lib. I, Definitiones, p. 2.
(2) Id., *ibid.*, lib. I, Definitio 7, p. 2.
(3) Id., *ibid.*, lib. I, Definitio 9, p. 2.
(4) Id., *ibid.*, lib. I, Propp. IX, X, XI.
(5) Id., *ibid.*, lib. I, Propp. XXVII et XXVIII.

exacts. Mais aucun commentaire du mot *ex quiete* n'indique qu'il lui faille, en ce lieu, attribuer une telle importance ; dénué de tout rôle dans les considérations de Statique que développe Saccheri, il semble n'être qu'un subterfuge pour rendre moins criarde la contradiction qui éclate entre cette Statique et la Dynamique du même auteur.

Est-il possible, d'ailleurs, de douter un seul instant que Saccheri regarde la *vis motrix* comme proportionnelle à l'*impetus*, comme identique au *momentum*, lorsqu'on lit cette définition (1) du centre de gravité :

« Par *centre de gravité*, nous entendons, en tout grave, ce point par lequel passe la direction naturelle de l'*impetus* composé qui tend au centre commun des graves; on doit comprendre que cette direction résulte de l'ensemble des *impetus* naturels par lesquels les diverses parties du grave tendent au même centre. »

Il est bien clair que la Statique de Saccheri repose tout entière sur la supposition que la force est proportionnelle à l'*impetus*, c'est-à-dire à la vitesse. Comme la Statique de Varignon, elle emprunte tous ses principes à la Dynamique d'Aristote.

Or, lorsqu'il aborde des problèmes de mouvement, c'est la Dynamique de Newton qu'invoque Saccheri.

Prenant un point pesant qui décrit une certaine trajectoire (2), il considère l'*impetus vivus* de ce point, c'est-à-dire (3) la *vitesse* dirigée suivant la tangente à la trajectoire; il considère aussi, suivant une direction quelconque D, l'*impetus subnascens* ; cette grandeur est identique, d'après ce qu'il a sans cesse admis dans ses deux premiers livres, au quotient, par la masse du point, de la composante du poids suivant la direction D. Si Saccheri était conséquent avec les principes dont il a tiré sa Statique, il égalerait l'*impetus subnascens* selon la direction D à la

(1) Saccheri, *Neo-Statica*, lib. II, Definitio 5, p. 55.
(2) Id., *ibid.*, lib. III, Prop. I.
(3) Id., *ibid.*, lib. III, Admonitio, p. 84.

composante de l'*impetus vivus* selon la même *direction*. Ce n'est pas ce qu'il fait ; à l'*impetus subnascens*, il égale l'*accroissement (incrementum)* de la composante suivant D de l'*impetus vivus*. Pour parler notre moderne langage, il égale le quotient par la masse du mobile de la composante du poids suivant une certaine direction à la composante de l'*accélération* suivant la même direction ; l'égalité qu'il pose ainsi est le principe même de la Dynamique de Newton.

Nous voyons ainsi Saccheri, qui est un géomètre très habile et un logicien très subtil, se servir, pour traiter des problèmes de Dynamique newtonienne, de propositions de Statique qu'il a établies en suivant la méthode d'Aristote. Tout aussi bien, nous verrions le grand Euler, alors qu'il expose en un admirable traité (1) la Mécanique issue de l'œuvre de Newton, adopter en bloc les lois de Statique que Varignon a fondées sur les principes péripatéticiens.

Ces exemples suffisent à montrer combien la substitution de la Dynamique moderne à la Dynamique d'Aristote a été lente et malaisée. C'est que la Dynamique d'Aristote offrait une traduction bien plus immédiate des expériences les plus obvies ; infiniment plus abstraite, la Dynamique moderne est le fruit d'un prodigieux effort de réflexion et d'analyse ; il a fallu des siècles pour déshabituer l'esprit humain de la première et pour l'accoutumer à la seconde.

7. *La lettre de Jean Bernoulli à Varignon (1717)*
L'énoncé définitif du principe des déplacements virtuels

En l'an 1687, il semble que la Mécanique ait pour toujours renoncé à la méthode des déplacements virtuels de

(1) *Mechanica sive Motus Scientia, analytice exposita*, auctore Leonhardo Eulero, Academiæ Imper. Scientiarum membro et matheseos sublimioris professore. Instar supplementi ad Commentar. Acad. Scient. Imper. Petropoli, ex typographia Academiæ Scientiarum. An. 1736.

Jordanus, de Descartes et de Wallis, aussi bien qu'à la méthode des vitesses virtuelles d'Aristote, de Charistion et de Galilée. Tous ceux qui ont écrit sur la Statique après Wallis, à l'exception de Casati et de De Challes, ou bien ont passé ces méthodes sous silence, ou bien ont déclaré que l'esprit n'y trouvait pas une suffisante assurance pour y prendre le fondement de la Statique ; tout au plus ont-ils consenti à en faire un corollaire de propositions construites sur d'autres hypothèses.

Après s'être efforcés d'asseoir toute la Statique sur le principe du levier, ils ont reconnu dans la loi de composition des forces concourantes un axiome d'où se peuvent aisément déduire les règles d'équilibre de toutes les machines ; en rattachant directement cette loi aux premiers principes de la théorie du mouvement, ils lui ont conféré une clarté et une certitude qui conviennent parfaitement à l'hypothèse sur laquelle doit reposer toute une doctrine.

La Statique semblait donc définitivement engagée dans la voie que Varignon traçait en son *Projet d'une Nouvelle Méchanique*, que le P. Lamy marquait dans sa lettre à M. de Dieulamant. Elle n'avait plus qu'à progresser dans la direction que ces auteurs lui avaient assignée. A ce progrès, d'ailleurs, Varignon consacrait le reste de sa vie ; il s'efforçait de conduire la Statique au but qu'il lui avait montré ; de ses efforts résultait cette *Nouvelle Mécanique ou Statique* qui, publiée peu de temps après la mort de son auteur, devait rester si longtemps classique.

Quant à la méthode des déplacements virtuels, dont nous avons suivi le développement continu de Jordanus à Descartes et à Wallis, il semblait qu'elle fût définitivement condamnée et qu'elle n'eût plus qu'à rentrer dans l'oubli.

Lorsqu'on suit le développement lent et compliqué par lequel une science se perfectionne, on voit parfois une idée qui, pendant un certain temps, a brillé d'un vif éclat, s'obscurcir peu à peu et cesser d'être perçue ; il

semble qu'elle soit à tout jamais éteinte. Mais bien souvent, cette disparition, que l'on prendrait pour une définitive extinction, n'est qu'une éclipse de peu de durée ; le moment où l'idée est devenue invisible à tous les yeux précède à peine celui où elle va reparaître, plus brillante qu'elle n'a jamais été, comme si elle s'était cachée un instant pour se reposer, pour reprendre de nouvelles forces et un nouvel éclat.

Déjà, nous avons vu la méthode des déplacements virtuels, qui s'était montrée si féconde dans les écrits de Jordanus, du Précurseur de Léonard de Vinci, de Léonard lui-même et de Cardan, négligée ou repoussée par Guido Ubaldo, par Benedetti et par Stevin. Mais le moment même où elle semblait complètement abandonnée est précisément celui où elle fut reprise par Roberval et surtout par Descartes, où son principe se dégagea, clair et autonome, de toute alliance avec le postulat des vitesses virtuelles et avec la Dynamique d'Aristote.

Nous allons assister à une résurrection toute semblable de la méthode des déplacements virtuels ; c'est dans le livre même qui semble consacrer l'irrémédiable défaite de cette méthode et le triomphe définitif de la Statique fondée sur la composition des forces, c'est dans la *Nouvelle Mécanique* de Varignon que nous allons voir le principe d'où découle cette méthode revêtir sa forme achevée.

Dans sa *Nouvelle Mécanique*, en effet, Varignon insère (1) une lettre que Jean Bernoulli lui avait adressée de Bâle le 26 janvier 1717. Cette lettre contient le passage suivant :

« Concevez plusieurs forces différentes qui agissent suivant différentes tendances ou directions pour tenir en équilibre un point, une ligne, une surface, ou un corps ;

(1) Pierre Varignon, *Nouvelle Mécanique ou Statique;* section IX, Corollaire général de la Théorie précédente. Tome II, p. 174.

concevez aussi que l'on imprime à tout le système de ces forces un petit mouvement, soit parallèle à soi-même suivant une direction quelconque, soit autour d'un point fixe quelconque : il vous sera aisé de comprendre que par ce mouvement chacune de ces forces avancera ou reculera dans sa direction, à moins que quelqu'une ou plusieurs des forces n'ayent leurs tendances perpendiculaires à la direction du petit mouvement ; auquel cas cette force, ou ces forces, n'avanceroient ni ne reculeroient de rien ; car

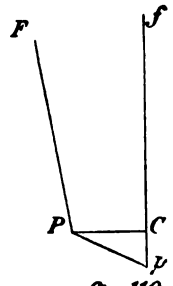


fig. 110.

ces avancemens ou reculemens, qui sont ce que j'appelle *vîtesses virtuelles* (1), ne sont autre chose que ce dont chaque ligne de tendance augmente ou diminue par le petit mouvement ; et ces augmentations ou diminutions se trouvent, si l'on tire une perpendiculaire à l'extrémité de la ligne de tendance de quelque force, laquelle perpendiculaire retranchera de la même ligne de tendance, mise dans la situation voisine par le petit mouvement, une petite partie qui sera la mesure de la *vîtesse virtuelle* de cette force.

» Soit, par exemple, P (fig. 110) un point quelconque

(1) On voit que Jean Bernoulli a donné le nom de *vitesses virtuelles* à des longueurs, et non point à des vitesses ; le nom de *déplacements virtuels* eût seul été correct ; cette fâcheuse dénomination a persisté en Mécanique, où beaucoup d'auteurs nomment encore *Principe des vitesses virtuelles* un principe où les vitesses n'ont que faire et qui devrait se nommer *Principe des déplacements virtuels*.

dans le systême des forces qui se soutiennent en équilibre ; F, une de ces forces, qui pousse ou qui tire le point P suivant la direction FP ou PF ; P*p*, une petite ligne droite que décrit le point P par un petit mouvement, par lequel la tendance FP prend la direction *fp*, qui sera ou exactement parallèle à FP, si le petit mouvement du systême se fait en tous les points du systême parallèlement à une droite donnée de position (1) ; ou elle fera, étant prolongée, avec FP, un angle infiniment petit, si le petit mouvement du systême se fait autour d'un point fixe. Tirez donc PC perpendiculaire sur *fp*, et vous aurez C*p* pour la *vîtesse virtuelle* de la force F, en sorte que F $\times$ C*p* fait ce que j'appelle *Énergie*. Remarquez que C*p* est ou *affirmatif* ou *négatif* par rapport aux autres : il est affirmatif si le point P est poussé par la force F, et que l'angle FP*p* soit obtus ; il est *négatif*, si l'angle FP*p* est aigu ; mais au contraire, si le point P est tiré, C*p* sera *négatif* lorsque l'angle FP*p* est obtus ; et *affirmatif* lorsqu'il est aigu.

» Tout cela étant bien entendu, je forme cette Proposition générale : *En tout équilibre de forces quelconques, en quelque manière qu'elles soient appliquées, et suivant quelques directions qu'elles agissent les unes sur les autres, ou médiatement, ou immédiatement, la somme des Énergies affirmatives sera égale à la somme des Énergies négatives prises affirmativement.* »

C'est en ces termes que Bernoulli formule le principe, désormais complet, d'où l'on peut tirer toutes les lois de l'équilibre.

Comment Jean Bernoulli est-il parvenu à la connaissance de cet axiome général ? Ce que Varignon nous a communiqué de sa lettre ne nous donne aucun renseignement à cet égard ; mais il ne semble pas fort malaisé de

(1) Le lecteur remarquera que Jean Bernoulli introduit dans son énoncé quelques affirmations inexactes et quelques restrictions inutiles ; nous ne nous arrêterons pas à relever ces vétilles.

deviner ce que nous ne connaissons point par document positif.

La distance, en effet, est bien courte et bien aisée à franchir entre la forme que Wallis avait donnée au principe des déplacements virtuels et la forme que cet axiome vient de prendre ; pour passer de l'une à l'autre, il suffit de déclarer ouvertement ce que Wallis soupçonnait déjà, de considérer nettement des déplacements infinitésimaux, des travaux infiniment petits ; cette transformation ne pouvait offrir aucune difficulté à un géomètre rompu aux considérations de l'analyse infinitésimale. Il paraît donc très vraisemblable que Jean Bernoulli soit parvenu à son énoncé du principe des déplacements virtuels en coordonnant et en perfectionnant les affirmations éparses dans l'œuvre de Wallis. Par Wallis et par Descartes, son œuvre se reliait avec continuité aux ébauches de Jordanus et des mécaniciens de son École.

Ce n'est pas que la méthode des déplacements virtuels dont Bernoulli vient de donner l'énoncé général et précis, ravisse d'emblée tous les suffrages et que tous les mécaniciens y reconnaissent le principe d'où doit découler la Statique entière. Varignon, qui nous fait connaître la découverte du grand géomètre de Bâle, refuse d'y voir un principe ; il n'y reconnaît qu'un « corollaire général de la théorie » qu'il a fondée sur la loi du parallélogramme des forces. « Cette proposition me parut si générale et si belle, dit Varignon (1), que, voyant que je la pouvais aisément déduire de la théorie précédente, je lui demandai la permission qu'il m'accorda, de l'ajouter ici avec la démonstration que cette théorie m'en fournissoit, et qu'il ne m'envoyoit pas. La voici séparée pour toutes les machines précédentes. » Et, sans se lasser, Varignon consacre cinquante pages à prouver que toutes les machines dont il a tiré les conditions d'équilibre de la loi de la com-

(1) Varignon, *Nouvelle Mécanique ou Statique*, tome II, p. 174.

position des forces vérifient l'égalité posée par Bernoulli. Ainsi en avaient agi Guido Ubaldo avec l'axiome d'Aristote et le P. Pardies avec l'axiome de Descartes. Ils avaient refusé à ces postulats larges et féconds le titre de principes pour les reléguer au rang de corollaires.

Nous arrêtons ici cette Histoire. Avec la *Nouvelle Mécanique* de Varignon, avec la lettre de Jean Bernoulli, se trouve close cette période du développement de la Statique qui mérite d'être appelée *les Origines ;* la *Période classique* est ouverte. Nous avions entrepris de rechercher les sources d'un fleuve ; nous en avons décrit le bassin supérieur, aux gorges sinueuses et tourmentées ; le fleuve entre maintenant dans une plaine aux molles ondulations où, dans un large lit, ses flots vont poursuivre leur cours paisible.

Au moment où nous cessons de le suivre, ce fleuve est divisé en deux bras, son courant se partage en deux directions différentes, et ces deux directions semblent orientées par les deux impulsions que la Statique a reçues dès l'origine ; en l'une, nous reconnaissons la tendance d'Archimède ; en l'autre, la tendance d'Aristote.

D'Archimède à Varignon, les géomètres ont poursuivi un même idéal ; ils le poursuivront encore de Varignon à Poinsot, de Poinsot jusqu'à nos comtemporains. Ils rêvent de construire la Statique sur le modèle des *Éléments de Géométrie* d'Euclide. Ils veulent que, par une analyse aussi patiente qu'ingénieuse, les cas d'équilibre les plus compliqués des systèmes les plus divers soient décomposés, dissociés, jusqu'à ce que l'on voie clairement les équilibres simples, élémentaires, dont l'agencement complexe les a produits ; ils veulent, en outre, qu'en ces cas simples et élémentaires, le maintien de l'équilibre ait même évidence et même certitude que ces vérités de sens commun dont Euclide a fait ses demandes. Donner à la Statique des principes que l'on puisse réputer aussi clairs

et assurés que les axiomes de la Géométrie, tel était déjà l'objet d'Archimède lorsqu'il composait son Traité Περὶ ἐπιπέδων ἰσορροπικῶν ; tel était encore le désir de Daniel Bernoulli, puis de Poisson, lorsqu'ils s'efforçaient d'établir la loi du parallélogramme des forces sans faire appel aux principes généraux de la Dynamique.

Tandis que ce courant entraîne un bon nombre de mécaniciens, d'autres suivent la direction qu'Aristote avait déjà imprimée à la Statique. Leurs efforts ne tendent point à une analyse qui dissocie les lois les plus complexes de l'équilibre et les réduise à des propositions élémentaires claires et évidentes de soi ; ils tendent bien plutôt à une large synthèse ; tous les cas de repos que l'on rencontre dans la nature ou que l'art réalise, ils s'efforcent de les embrasser en un principe unique et universel. Assurément, ils tirent ce principe de quelques observations simples et obvies ; mais l'extrême généralisation par laquelle ils passent de quelques expériences particulières à une loi si ample, efface en celle-ci tout caractère d'évidence immédiate. Plus la science, en se développant, prend conscience des procédés logiques qu'elle met en œuvre, et mieux elle comprend que la certitude d'une hypothèse aussi générale ne pouvait être contenue dans les quelques faits qui l'ont suggérée ; mieux elle voit que ce qui confirme cette hypothèse et nous assure de sa valeur, c'est l'aisance avec laquelle elle classe la multitude des lois diverses que l'expérience a découvertes, c'est la sûreté avec laquelle elle annonce à l'expérience de nouvelles lois à découvrir.

C'est cette dernière tendance qui a conduit les géomètres, depuis Jordanus et ses élèves jusqu'à Roberval et à Descartes, depuis Descartes et de Wallis jusqu'à Jean Bernoulli, à préciser et à étendre sans cesse le principe des déplacements virtuels.

Entre ces deux tendances dont chacune s'efforce de diriger la Statique, le conflit est incessant. Mais, un

observateur impartial de cette lutte n'a point de peine à reconnaître les qualités des deux méthodes. Certes, l'esprit d'analyse, par sa critique méticuleuse, contribue à dégager de toute trace d'erreur les vérités que l'esprit de synthèse a fait découvrir ; mais ses propres découvertes, rares et maigres, ne servent qu'à mieux prouver sa stérilité. La fécondité est l'apanage de l'esprit de synthèse ; c'est la méthode des déplacements virtuels qui, sans cesse, élargit le champ de la Statique. L'emploi exclusif de cette méthode caractérise la *Mécanique analytique* de Lagrange.

L'œuvre de Lagrange est le confluent où viennent se réunir tous les courants qui, successivement, ont entraîné la Statique, où aboutissent toutes les tendances qui en ont diversement orienté l'évolution.

La Statique a mis à l'origine de ses déductions tantôt le principe du levier, tantôt les propriétés du plan incliné, tantôt la loi de la composition des forces ; tous ces principes sont équivalents entre eux, et leur équivalence résulte de ce fait qu'ils découlent tous immédiatement du principe des déplacements virtuels. Ainsi la science de l'équilibre se trouve ramenée par Lagrange à une parfaite unité ; elle se trouve tout entière condensée dans une seule formule.

Varignon, reprenant une idée qu'Albert de Saxe et Guido Ubaldo avaient esquissée, s'est efforcé de trouver la raison de tous les cas d'équilibre dans les pressions que les corps mobiles exercent sur leurs appuis. Lagrange tire de la méthode des déplacements virtuels un procédé aussi simple que sûr pour définir et déterminer ces pressions qu'annulent les liaisons.

La doctrine d'Albert de Saxe, selon laquelle le centre de gravité de tout corps pesant tend à s'unir au centre commun des graves, a fourni un principe de Statique que Galilée et Torricelli énoncent en ces termes : Un système est en équilibre lorsque tout changement de sa disposition obligerait son centre de gravité à s'élever. Ce principe est

demeuré longtemps séparé du principe de l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant, du principe de Jordanus, de Descartes, de Wallis et de Jean Bernoulli. Lagrange met à nu le lien étroit qui unit ces deux principes.

Le principe de Torricelli n'est pas l'exact équivalent du principe de Jean Bernoulli ; celui-ci prévoit tous les cas d'équilibre, celui-là en exclut quelques-uns ; c'est grâce à la théorie générale de la stabilité, créée par Lagrange, que l'on peut caractériser les cas d'équilibre que fait connaître le principe de Torricelli et montrer que ce sont les seuls équilibres stables.

Les physiciens se sont efforcés de tirer le principe fondamental de la Statique des lois de la Dynamique ; Roberval et Varignon ont ainsi déduit la loi du parallélogramme des forces de l'antique Dynamique péripatéticienne, de la proportionnalité entre la force et la vitesse ; le P. Lamy et Newton l'ont, plus justement, déduite de la proportionnalité entre la force et l'accélération. D'Alembert a, en quelque sorte, retourné la question et montré comment tout problème de mouvement se pouvait ramener à un problème d'équilibre. Lagrange demande alors à la méthode des déplacements virtuels la formule qui met en équation tout problème de mouvement.

Les assemblages de corps solides ne sont d'ailleurs point les seuls systèmes dont l'équilibre dépende du principe des déplacements virtuels ; la Statique des systèmes déformables et, particulièrement, des fluides, découle tout entière de ce principe ; les diverses méthodes propres à traiter l'Hydrostatique qu'ont proposées Newton, Bouguer, Clairaut, Euler, peuvent toutes se ramener à cette méthode générale.

Ainsi, par la méthode des déplacements virtuels, Lagrange constitue une Statique admirablement une et ordonnée, où se classent en un ordre parfait toutes les lois de l'équilibre des corps solides ou fluides, où tous les

désirs légitimes de ceux qui ont promu la science de l'équilibre trouvent leur pleine satisfaction.

Après Lagrange, la méthode des déplacements virtuels reste la méthode la plus précise, la plus générale, celle que les mécaniciens appellent à leur aide toutes les fois qu'il s'agit de dissiper une obscurité, de résoudre une embarrassante difficulté.

Navier a obtenu, sans le secours de cette méthode, les équations indéfinies de l'équilibre élastique ; mais, lorsqu'il veut compléter son œuvre et joindre aux équations indéfinies les conditions aux limites qui achèvent la détermination du problème, il reprend ce problème par la méthode des déplacements virtuels.

Poisson pense que l'élasticité d'un corps cristallisé ne dépend, en général, que de 15 coefficients ; Cauchy et Lamé en portent le nombre à 36 ; c'est en usant des procédés de Lagrange que Green peut trancher le débat et prouver que le nombre exact de ces coefficients est 21.

Par le principe de l'équilibre des canaux, que Clairaut a imaginé et que Lagrange a déduit du principe des déplacements virtuels, Laplace a obtenu l'équation de la surface capillaire ; mais ses démonstrations sont peu sûres lorsqu'il veut établir les lois qui régissent le contact du liquide et du tube ; la constance de l'angle de raccordement est postulée et non démontrée. Gauss, dans un travail qui offre l'un des plus beaux exemples de la méthode de Lagrange, demontre avec une entière précision l'ensemble des lois de la capillarité.

La théorie de l'équilibre des plaques élastiques semble poser aux géomètres une désespérante énigme ; Cauchy et Poisson ne s'accordent pas dans l'énoncé des conditions qui doivent être vérifiées au bord d'une plaque ; les conditions qu'ils proposent sont surabondantes. C'est encore la méthode des déplacements virtuels qui permet à Kirchhoff de donner le mot de l'énigme, d'écrire, sans omission

ni répétition, toutes les conditions requises au bord d'une plaque élastique.

Certes, la méthode des déplacements virtuels peut être fière du domaine qu'elle a conquis et auquel elle a imposé des lois si claires et un ordre si parfait ; mais voici qu'à la fin du XIXe siècle de nouvelles contrées, prodigieusement riches et étendues, viennent accroître son empire. Ce ne sont plus seulement les équilibres mécaniques qui se soumettent à ses arrêts ; elle pose, avec une souveraine autorité, les conditions des équilibres qui mettent fin aux changements d'état physique ou aux réactions chimiques, comme de ceux qui s'établissent en des systèmes électrisés et aimantés. La graine infime semée par Jordanus ne s'est pas contentée de produire la *Mécanique analytique* de Lagrange ; elle a encore engendré la Mécanique chimique et la Mécanique électrique de Gibbs et de Helmholtz.

CONCLUSION

Après qu'il a parcouru le causse desséché du Larzac, aux mamelons de pierre grise, aux dédales rocheux, semblables à des ruines de cités, le voyageur dirige ses pas vers les plaines que baigne la Méditerranée. Le chemin qu'il doit suivre est dessiné par de larges ravines ; traces d'anciens torrents ou de rivières taries, elles s'enfoncent peu à peu, entaillant toujours plus profondément le plateau calcaire. Ces ravines confluent bientôt en une gorge unique ; de hautes murailles à pic, couronnées par de dangereux glacis de pierres croulantes, resserrent le lit où, jadis, une belle rivière roulait ses eaux profondes et impétueuses. Aujourd'hui, ce lit n'est plus qu'un chaos de blocs brisés et usés ; nulle source ne suinte aux parois rocheuses, nulle flaque d'eau ne mouille les graviers ; entre les amas pierreux, nulle plante ne verdoie. La *Vissec*, tel

est le nom que les Cévennols ont donné à ce fleuve d'aridité et de mort.

Le marcheur, qui chemine péniblement parmi les graves et les éboulis, perçoit par intervalles une sourde rumeur, semblable aux roulements d'un tonnerre lointain ; au fur et à mesure qu'il avance, il entend ce grondement s'enfler, pour éclater enfin en un formidable fracas : c'est la grande voix de la *Foux*.

Dans la paroi calcaire, une sombre caverne est béante, largement fendue comme une énorme gueule ; sans relâche, cette gueule vomit en un gouffre, avec des transparences de cristal et des bouillonnements d'écume blanche, la masse puissante des eaux que les fissures du causse ont recueillies au loin, qu'elles ont réunies en un lac souterrain.

D'un seul coup, une rivière est formée ; désormais, la *Vis* roule ses eaux limpides et froides parmi les grèves blanches et les oseraies d'argent ; son gai murmure éveille — tel un écho — le tic-tac des moulins et le rire sonore des villages cévennols, tandis qu'un grand rayon de soleil, rasant le bord crénelé du causse, glisse, oblique, jusqu'au fond de la gorge et pose un ourlet d'or aux rameaux des peupliers.

Lorsque l'histoire classique, faussée par les préjugés et tronquée par les simplifications voulues, prétend retracer le développement des sciences exactes, l'image qu'elle évoque à nos yeux est toute semblable au cours de la Vis.

Autrefois, la Science hellène a épanché avec abondance ses eaux fertilisantes ; alors le monde a vu germer et croître les grandes découvertes, à tout jamais admirables, des Aristote et des Archimède.

Puis, la source de la pensée grecque a été tarie et le fleuve auquel elle avait donné naissance a cessé de vivifier le moyen âge. La science barbare de ce temps n'a plus été qu'un chaos où s'entassaient pêle-mêle les débris

méconnaissables de la sagesse antique ; fragments desséchés et stériles auxquels se cramponnent seulement, comme des lichens parasites et rongeurs, les gloses puériles et vaines des commentateurs.

Tout à coup, une grande rumeur a ému cette aridité scolastique ; de puissants esprits ont fendu le rocher dont les entrailles recélaient, endormies depuis des siècles, les eaux pures jaillies des sources antiques ; libérées par cet effort, ces eaux se sont précipitées, joyeuses et abondantes ; elles ont provoqué, partout où elles passaient, la renaissance des sciences, des lettres et des arts ; la pensée humaine a reconquis sa force en même temps que sa liberté ; et, bientôt, l'on a vu naître les grandes doctrines qui, de siècle en siècle, pousseront toujours plus profondément leurs pénétrantes racines, étendront toujours plus loin leur imposante ramure.

Histoire insensée ! Au cours de l'évolution par laquelle se développe la science humaine, elles sont bien rares, les naissances subites et les renaissances soudaines — de même que, parmi les sources, la Foux est une exception.

Une rivière ne remplit pas tout d'un coup un large lit de ses eaux profondes. Avant de couler à pleins bords, le fleuve était simple ruisseau et mille autres ruisseaux, semblables à lui, lui ont, tour à tour, apporté leur tribut. Tantôt les affluents sont venus à lui nombreux et abondants, et alors sa crue a été rapide ; tantôt, au contraire, de minces et rares filets ont seuls alimenté son imperceptible croissance ; parfois même les fissures d'un sol perméable ont bu une partie de ses eaux et appauvri son débit ; mais, toujours, son flux a varié d'une manière graduelle, ignorant les disparitions totales et les soudaines résurrections.

La Science, en sa marche progressive, ne connaît pas davantage les brusques changements ; elle croît, mais par degrés ; elle avance, mais pas à pas. Aucune intelligence humaine, quelles que soient sa puissance et son origina-

lité, ne saurait produire de toutes pièces une doctrine absolument nouvelle. L'historien ami des vues simples et superficielles célèbre les découvertes fulgurantes qui, à la nuit profonde de l'ignorance et de l'erreur, ont fait succéder le plein jour de la vérité. Mais celui qui soumet à une analyse pénétrante et minutieuse l'invention la plus primesautière et la plus imprévue en apparence, y reconnaît presque toujours la résultante d'une foule d'imperceptibles efforts et le concours d'une infinité d'obscures tendances. Chaque phase de l'évolution qui, lentement, conduit la Science à son achèvement, lui apparaît marquée de ces deux caractères : la continuité et la complexité.

Ces caractères se manifestent avec une particulière netteté à celui qui étudie les origines de la Statique.

De la Statique ancienne, l'historien simpliste ne mentionne qu'une seule œuvre, l'œuvre d'Archimède ; il nous la montre dominant, comme un colosse isolé, l'ignorance qui l'environne. Mais, pour admirer la grandeur de cette œuvre, il n'est point nécessaire de la rendre monstrueuse par un incompréhensible isolement. La Statique du géomètre de Syracuse, cette recherche d'une impeccable rigueur au cours des déductions, cette analyse subtile appliquée à des problèmes compliqués, ces solutions, merveilleusement habiles, de questions dont l'intérêt, caché au vulgaire, apparaît au seul géomètre, portent, à n'en pas douter, la marque d'une Science raffinée ; elles ne ressemblent nullement aux tâtonnantes hésitations d'une doctrine naissante.

Il est clair qu'Archimède a eu des précurseurs ; ceux-ci ont, avant lui, par d'autres méthodes que lui, aperçu les lois de l'équilibre du levier auxquelles il devait donner un développement magnifique.

De ces précurseurs, d'ailleurs, la trace est demeurée empreinte dans l'histoire. Les Μηχανικὰ προβλήματα ne sont peut-être pas d'Aristote comme la tradition le prétend ; en tout cas, la Statique qui y est exposée se rattache si

directement à la Dynamique admise dans la Φυσικὴ ἀκρόασις et dans le Περὶ Οὐρανοῦ que nous les devons attribuer à quelque disciple immédiat du Stagirite. Les méthodes de démonstration qui y sont suivies peuvent avoir été des méthodes d'invention, alors que, des déductions d'Archimède, l'on ne saurait concevoir la même opinion.

D'autre part, une tradition antique et vivace persiste à attribuer à Euclide des écrits sur le levier. Ces écrits ne sont peut-être point ceux que nous possédons sous le nom du grand géomètre. Mais il serait difficile, en niant leur existence, d'expliquer la constante rumeur qui l'affirme.

Si Archimède a eu des précurseurs, il a eu assurément, dans l'Antiquité, des continuateurs. La science byzantine et alexandrine a poursuivi les voies diverses qu'il avait tracées. L'art de l'ingénieur, que le grand Syracusain avait porté à un très haut degré, inspirait les tentatives de Ctesibios, de Philon de Byzance, de Héron d'Alexandrie ; Pappus, au contraire, s'efforçait, dans la recherche des centres de gravité, d'égaler le talent du géomètre ; enfin, l'énigmatique Charistion, par ses raisonnements sur la balance romaine, pénétrait plus avant qu'Aristote et Archimède au sein des principes de la Statique.

De cette Statique hellène, les Arabes n'ont transmis qu'une bien faible part aux Occidentaux du moyen âge. Mais ceux-ci ne sont nullement les commentateurs serviles et dénués de toute invention que l'on se plaît à nous montrer en eux. Les débris de la pensée grecque, qu'ils ont reçus de Byzance ou de la Science islamique, ne demeurent point en leur esprit comme un dépôt stérile ; ces reliques suffisent à éveiller leur attention, à féconder leur intelligence ; et, dès le XIIIe siècle, peut-être même avant ce temps, l'École de Jordanus ouvre aux mécaniciens des voies que l'Antiquité n'avait pas connues.

Les intuitions de Jordanus de Nemore sont, d'abord, bien vagues et bien incertaines ; de très graves erreurs s'y mêlent à de très grandes vérités ; mais, peu à peu, les

disciples du grand mathématicien épurent la pensée du maître ; les erreurs s'effacent et disparaissent ; les vérités se précisent et s'affermissent, et plusieurs des lois les plus importantes de la Statique sont enfin établies avec une entière certitude.

En particulier, nous devons à l'École de Jordanus un principe dont l'importance se marquera, avec une netteté toujours croissante, au cours du développement de la Statique. Sans analogie avec les postulats, spéciaux au levier, dont se réclamaient les déductions d'Archimède, ce principe n'a qu'une affinité éloignée avec l'axiome général de la Dynamique péripatéticienne. Il affirme qu'une même puissance motrice peut élever des poids différents à des hauteurs différentes, pourvu que les hauteurs soient en raison inverse des poids. Appliqué par Jordanus au seul levier droit, ce principe fait connaître au Précurseur de Léonard de Vinci la loi d'équilibre du levier coudé, la notion de moment, la pesanteur apparente d'un corps posé sur un plan incliné.

Au XIVe et au XVe siècles, la Statique issue de l'École de Jordanus suit paisiblement son cours sans qu'aucun affluent important en vienne accroître le débit ; mais, au début du XVIe siècle, elle se prend à rouler comme un torrent impétueux, car le génie de Léonard de Vinci vient de lui apporter son tribut.

Léonard de Vinci n'est point du tout un voyant qui, subitement, découvre des vérités insoupçonnées jusqu'à lui ; il possède une intelligence prodigieusement active, mais sans cesse inquiète et hésitante. Il reprend les lois de Mécanique que ses prédécesseurs ont établies, les discute, les retourne en tous sens. Ses incessantes méditations l'amènent à préciser certaines idées déjà connues des disciples de Jordanus, à en montrer la richesse et la fécondité ; telle la notion de puissance motrice ; telle aussi la notion de moment ; de cette dernière, il fait jaillir, par une admirable démonstration, la loi de composition des

forces concourantes. Mais son esprit, enclin aux tâtonnements, aux retouches et aux repentirs, ne sait point toujours garder fermement les vérités qu'il a un instant saisies. Léonard ne parvient pas à fixer son opinion au sujet du problème du plan incliné, si parfaitement résolu dès le XIIIe siècle.

L'indécision qui, toujours, agita l'âme de Léonard, qui, si rarement, l'a laissé achever une œuvre, ne lui a pas permis de mener à bien le *Traité des poids* qu'il souhaitait d'écrire. Le fruit de ses réflexions, cependant, ne fut point entièrement perdu pour la Science. Par la tradition orale qui avait pris naissance durant sa vie, par la dispersion de ses manuscrits après sa mort, ses pensées furent jetées aux quatre vents du ciel et quelques-unes rencontrèrent un terrain propice à leur développement.

Cardan, l'un des esprits les plus universels et l'un des hommes les plus étranges qu'ait produits le XVIe siècle, Tartaglia, mathématicien de génie, mais plagiaire impudent, restituèrent à la Statique de la Renaissance plusieurs des découvertes faites par l'École de Jordanus ; mais ils les lui restituèrent souvent sous la forme plus riche et plus féconde que leur avait donnée Léonard de Vinci.

Les écrits de Tartaglia et de Cardan répandent, en plein XVIe siècle, un afflux de la Mécanique du moyen âge. Mais, à ce moment, un courant en sens contraire prend naissance et vigueur en les traités de Guido Ubaldo del Monte et de J. B. Benedetti. Les œuvres de Pappus et d'Archimède viennent d'être exhumées ; elles sont étudiées avec passion et commentées avec talent ; elles donnent aux mécaniciens le goût de cette impeccable rigueur où, depuis Euclide, excellent les géomètres. Cette admiration enthousiaste et exclusive pour les monuments de la Science hellène fait rejeter avec mépris les découvertes profondes, mais encore confuses et mêlées d'erreur, qu'ont produites les Écoles du XIIIe siècle ; les plus pénétrantes intuitions de Jordanus et de ses disciples sont méconnues par l'École

nouvelle, qui appauvrit et épuise la Statique sous prétexte de la rendre plus pure. De même, l'admiration exclusive des œuvres empreintes de la beauté grecque fait traiter de *gothiques* les plus merveilleuses créations artistiques du moyen âge.

A la fin du XVIe siècle donc, presque rien ne subsistait de ce qu'avait spontanément produit, en Statique, le génie propre de l'Occident. L'œuvre était à refaire. Il fallait reprendre les démonstrations des vérités que les docteurs du moyen âge avaient aperçues et leur assurer toute la clarté, toute la précision, toute la rigueur des théories léguées par les Grecs. A cette restauration vont se consacrer, jusqu'au milieu du XVIIe siècle, les plus puissants géomètres de la Flandre, de l'Italie et de la France.

Malgré l'extraordinaire talent des ouvriers, que de tâtonnements et de malfaçons, avant que l'ouvrage soit mené à bien !

Une déduction rigoureuse suppose des axiomes. Où trouver les postulats auxquels s'attacheront fixement les raisonnements de la Statique ? Ceux qu'Archimède a formulés sont infiniment particuliers ; ils suffisent à peine à traiter de l'équilibre du levier droit. De toute nécessité, il faut avoir recours à des hypothèses nouvelles. Les mécaniciens qui vont les énoncer les donneront pour principes inédits et vérités inouïes. Mais si nous les dépouillons du masque d'originalité dont les a affublées l'amour-propre de ceux qui les proclament, nous y reconnaîtrons presque toujours des propositions fort anciennes qu'une longue tradition a conservées, qu'elle a mûries, et dont elle a montré la fécondité. Là où une histoire trop sommaire et trop systématique a cru voir une Renaissance de la méthode scientifique, oubliée depuis les Grecs, nous verrons le développement naturel de la Mécanique du moyen âge.

Galilée, dont la légende fait le créateur de la Dynamique moderne, va chercher le fondement de ses déduc-

tions dans la Dynamique déjà chancelante d'Aristote. Il postule la proportionnalité entre la force qui meut un mobile et la vitesse de ce mobile. Les travaux des mécaniciens du XIIIe siècle l'inspirent lorsqu'il veut tirer de ce principe la pesanteur apparente d'un corps posé sur un plan incliné ; mais ils ne vont pas jusqu'à lui faire reconnaître que la notion cardinale de toute la Statique est la notion de *puissance motrice*, produit d'un poids par sa hauteur de chute. A cette notion, Galilée substitue celle de *momento*, produit du poids par la vitesse de sa chute, notion qui se relie immédiatement à la Dynamique déjà condamnée d'Aristote.

Pour traiter de la pesanteur apparente sur un plan incliné, Stevin invoque l'impossibilité du mouvement perpétuel ; or, ce principe, Léonard de Vinci et Cardan l'avaient formulé avec une netteté singulière, en le rattachant à la notion de puissance motrice qu'ils tenaient eux-mêmes de l'École de Jordanus. Mais cette notion n'apparaît qu'incidemment dans l'œuvre de Stevin ; le grand géomètre de Bruges n'en a point vu l'extrême importance.

Elle s'affirme plus nettement en la belle démonstration que donne Roberval de la règle selon laquelle se composent des forces concourantes ; cette démonstration, qui comble si heureusement une profonde lacune, béante en l'œuvre de Stevin, n'est point, d'ailleurs, d'un type imprévu ; pour traiter de l'équilibre du levier coudé, ce disciple de Jordanus qui fut le Précurseur de Léonard de Vinci en avait tracé le modèle.

Le génie admirablement clair et méthodique de Descartes a tôt fait de saisir avec sûreté l'idée maîtresse qui doit régir toute la Statique. Cette idée, c'est celle dont Jordanus avait déjà marqué l'emploi dans la théorie du levier droit, celle dont son disciple avait fait usage pour traiter du levier coudé et du plan incliné ; c'est la notion de *puissance motrice*. Cette notion, Descartes la définit avec précision ; il l'oppose victorieusement au *momento*

considéré par Galilée ; tandis que l'emploi du *momento* découle d'une Dynamique désormais insoutenable, la notion de puissance motrice permet de formuler un axiome, très clair et très sûr, qui porte la Statique tout entière ; et ce principe autonome n'attend point, pour devenir acceptable, que la Dynamique nouvelle ait été construite sur les ruines de la Dynamique péripatéticienne.

Malheureusement, l'orgueil insensé qui trouble la conscience de Descartes le pousse à exagérer la grandeur du service qu'il rend à la Statique, et à l'exagérer au point d'en fausser la nature. Incapable, plus encore que Stevin, que Galilée et que Roberval, de rendre justice à ses prédécesseurs, il se donne pour le créateur d'une doctrine dont il n'est que l'organisateur. D'ailleurs, ce que nous disons ici de la Statique cartésienne, ne le pourrait-on répéter du Cartésianisme tout entier ? La superbe de son auteur a triomphé, et son triomphe n'a point d'analogue dans l'histoire de l'esprit humain ; elle a dupé le monde ; elle a fait prendre le Cartésianisme pour une création étrangement spontanée et imprévue ; cependant, ce système n'était, presque toujours, que la conclusion nettement formulée d'un labeur obscur, poursuivi pendant des siècles. Le vol gracieux du papillon aux ailes chatoyantes a fait oublier les lentes et pénibles reptations de l'humble et sombre chenille.

Les quelques lignes où Jordanus démontrait la règle du levier droit contenaient en germe une idée juste et féconde ; de Jordanus à Descartes, cette idée s'est développée au point de comprendre la Statique tout entière. Tandis que se poursuit et s'achève cette graduelle évolution d'une vérité, la Science est le théâtre d'un phénomène non moins intéressant, mais plus étrange ; une doctrine fausse se transforme peu à peu en un principe très profond et très exact ; il semble qu'une force mystérieuse, attentive au progrès de la Statique, sache rendre également bienfaisantes la vérité et l'erreur.

Archimède avait usé, sans la définir, de la notion de centre de gravité ; certains géomètres s'étaient efforcés de la préciser ; mais Albert de Saxe et, après lui, la plupart des physiciens de l'École, profitant de l'indétermination mécanique où demeurait ce point, lui attribuaient des propriétés tout autres que celles dont nous le douons aujourd'hui ; en chaque portion de matière, ils y voyaient le lieu où se trouvait concentrée la pesanteur de cette matière ; la pesanteur d'un corps leur apparaissait comme le désir que le centre de gravité de ce corps a de s'unir au centre de l'Univers. La révolution copernicaine, en déplaçant le centre de l'Univers, en niant même, avec Giordano Bruno, l'existence de ce centre, ne modifia guère cette théorie de la pesanteur ; elle vit en cette qualité la tendance qu'a le centre de gravité de chaque corps à s'unir à son semblable, le centre de gravité de la Terre.

L'un des titres de gloire de Képler est d'avoir éloquemment combattu cette hypothèse d'une attraction entre points géométriques et d'avoir affirmé que l'attraction de gravité s'exerçait entre les diverses parties de la Terre prises deux à deux ; mais ses contemporains, moins clairvoyants, ne partageaient pas cette opinion ; en particulier, Benedetti, Guido Ubaldo et Galilée affirmaient la sympathie que le centre de gravité de chaque corps éprouve pour le centre commun des graves, tandis que Bernardino Baldi et Villalpand plagiaient les corollaires exacts que Léonard de Vinci avait tirés de cette doctrine erronée.

Lorsque cette tendance se trouve satisfaite aussi complètement que le permettent les liaisons d'un système de poids ; en d'autres termes, lorsque le centre de gravité du système est le plus près possible du centre de la Terre, rien ne sollicite plus le système à se mouvoir ; il demeure en équilibre. Tel est le principe de Statique que formulent Cardan, Bernardino Baldi, Mersenne, Galilée, qui le doivent peut-être à Léonard de Vinci.

Ce principe est faux ; mais, pour le rendre exact, il

suffira de rejeter à l'infini le centre de la Terre que Galilée invoque sans cesse dans ses raisonnements et de regarder les verticales comme parallèles entre elles. La modification paraît insignifiante ; elle est grave, cependant, puisqu'elle transforme une affirmation erronée en un axiome exact et fécond ; elle est grave, aussi, en ce qu'elle suppose l'abandon d'une théorie de la pesanteur très ancienne et très autorisée.

Les débats confus et compliqués que provoquent, en France, les recherches de Beaugrand et de Fermat sur la variation de la pesanteur avec l'altitude préparent cette réforme. Torricelli l'accomplit ; il dote ainsi la Science d'un nouveau postulat propre à fonder la Statique.

Lorsque l'historien, après avoir suivi le développement continu et complexe de la Statique, se retourne pour embrasser d'un coup d'œil le cours entier de cette Science, il ne peut, sans un étonnement profond, comparer l'ampleur de la théorie achevée à l'exiguïté du germe qui l'a produite. D'une part, en un manuscrit du XIIIe siècle, il déchiffre quelques lignes d'une écriture gothique presque effacée ; elles justifient d'une manière concise la loi d'équilibre du levier droit. D'autre part, il feuillette de vastes traités, composés au XIXe siècle ; en ces traités, la méthode des déplacements virtuels sert à formuler les lois de l'équilibre aussi bien pour les systèmes purement mécaniques que pour ceux où peuvent se produire des changements d'état physique, des réactions chimiques, des phénomènes électriques ou magnétiques. Quel disparate entre la minuscule démonstration de Jordanus et les imposantes doctrines des Lagrange, des Gibbs et des Helmholtz ! Et cependant, ces doctrines étaient en puissance dans cette démonstration ; l'histoire nous a permis de suivre pas à pas les efforts par lesquels elles se sont développées à partir de cette humble semence.

Ce contraste entre le germe, extrêmement petit et extrêmement simple, et l'être achevé, très grand et très com-

pliqué, le naturaliste le contemple chaque fois qu'il suit le développement d'une plante ou d'un animal quelque peu élevé en organisation. Cette opposition, cependant, n'est peut-être point ce qui excite au plus haut degré son admiration. Un autre spectacle est plus digne encore d'attirer son attention et de servir d'objet à ses méditations.

Le développement qu'il étudie résulte d'une infinité de phénomènes divers ; il faut, pour le produire, une foule de divisions de cellules, de bourgeonnements, de transformations, de résorptions. Tous ces phénomènes, si nombreux, si variés, si compliqués, se coordonnent entre eux avec une précision parfaite ; tous concourent d'une manière efficace à la formation de la plante ou de l'animal adulte. Et cependant, les êtres innombrables qui agissent en ces phénomènes, les cellules qui prolifèrent, les phagocytes qui font disparaître les tissus devenus inutiles, ne connaissent assurément pas le but qu'ils s'efforcent d'atteindre; ouvriers qui ignorent l'œuvre à produire, ils réalisent néanmoins cette œuvre avec ordre et méthode. Aussi le naturaliste ne peut-il s'empêcher de chercher, en dehors d'eux et au-dessus d'eux, un je-ne-sais-quoi qui voie le plan de l'animal ou de la plante à venir et qui, à la formation de cet organisme, fasse concourir la multitude des efforts inconscients ; avec Claude Bernard, il salue l'*idée directrice* qui préside au développement de tout être vivant.

A celui qui l'étudie, l'histoire de la Science suggère sans cesse des réflexions analogues. Chaque proposition de Statique a été constituée lentement, par une foule de recherches, d'essais, d'hésitations, de discussions, de contradictions. En cette multitude d'efforts, aucune tentative n'a été vaine ; toutes ont contribué au résultat ; chacune a joué son rôle, prépondérant ou secondaire, dans la formation de la doctrine définitive ; l'erreur même a été féconde ; les idées, fausses jusqu'à l'étrangeté, de Beaugrand et de Fermat ont contraint les géomètres à passer

au crible la théorie du centre de gravité, à séparer les vérités précieuses des inexactitudes auxquelles elles se trouvaient mêlées.

Et cependant, tandis que tous ces efforts contribuaient à l'avancement d'une science que nous contemplons aujourd'hui dans la plénitude de son achèvement, nul de ceux qui ont produit ces efforts ne soupçonnait la grandeur ni la forme du monument qu'il construisait. Jordanus ne savait assurément pas, en justifiant la loi d'équilibre du levier droit, qu'il postulait un principe capable de porter toute la Statique. Ni Bernoulli, ni Lagrange ne pouvaient deviner que leur méthode des déplacements virtuels serait, un jour, admirablement propre à traiter de l'équilibre électrique et de l'équilibre chimique ; ils ne pouvaient prévoir Gibbs, bien qu'ils en fussent les précurseurs. Maçons habiles à tailler une pierre et à la cimenter, ils travaillaient à un monument dont l'architecte ne leur avait pas révélé le plan.

Comment tous ces efforts auraient-ils pu concourir exactement à la réalisation d'un plan inconnu des manœuvres, si ce plan n'avait préexisté, clairement aperçu, en l'imagination d'un architecte, et si cet architecte n'avait eu le pouvoir d'orienter et de coordonner le labeur des maçons ? Le développement de la Statique nous manifeste, autant et plus encore que le développement d'un être vivant, l'influence d'une idée directrice. Au travers des faits complexes qui composent ce développement, nous percevons l'action continue d'une Sagesse qui prévoit la forme idéale vers laquelle la Science doit tendre et d'une Puissance qui fait converger vers ce but les efforts de tous les penseurs ; en un mot, nous y reconnaissons l'œuvre d'une Providence.

Bordeaux, 26 octobre 1905.

P. Duhem.

LA FONCTION ÉCONOMIQUE DES PORTS[1]

II

LE PORT DE BRUGES AU MOYEN AGE

Dans l'Europe du haut moyen âge, adonnée tout entière à la vie agricole, les côtes frisonnes offrent le spectacle exceptionnel de l'activité industrielle et commerciale (2). La nature elle-même invitait au travail de la laine les habitants de ces plaines humides : elle avait doté ces contrées de vastes pâturages, où l'élève des troupeaux fournissait d'abondantes toisons. Les produits de l'industrie frisonne se répandent de bonne heure dans tout l'Occident. Remontant le cours des fleuves, les marchands de la côte portent leurs tissus à travers l'Europe centrale ; dès le IXe siècle, nos marins les déchargent en Angleterre et dans les ports de la mer Baltique. La prospérité du commerce et l'accroissement rapide de la population imprimèrent à l'industrie un nouvel élan : de la Meuse à la côte, les villes se remplirent bientôt de métiers.

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, avril 1906, p. 357.
(2) Cfr. Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, Bruxelles, 1900, p. 30.

La manufacture drapière ne tarda pas à développer les relations maritimes. La nécessité d'aller chercher outre-mer la précieuse denrée qui alimentait leurs manufactures, et l'avantage d'y trouver un débouché ouvert à leurs produits tournaient vers la mer les préoccupations des drapiers de Flandre. Telle est, en effet, l'importance du tissage des laines au milieu du XIe siècle, que les moutons indigènes ne suffisent plus aux besoins de la fabrication ; les troupeaux de Champagne et de Bourgogne eux-mêmes ne donnent plus à l'industrie flamande une matière première suffisante (1), et nos bateaux importent de pleins chargements de laines anglaises, en échange des draps qu'ils débarquent sur les quais de la Tamise.

Une large baie, aujourd'hui comblée par des atterrissements, offrait à la Flandre intérieure un accès facile à la mer. Cette baie, qui portait le nom de Zwin, s'ouvrait au sud-ouest de l'île de Walcheren, et s'étendait jusqu'à Damme. Un canal prolongeait le Zwin de Damme à Bruges, aux portes de laquelle la mer amenait le flux de ses eaux. Les marins brugeois gagnaient ainsi le large par une voie directe, tandis que les bateaux d'Anvers, qui ne pouvaient encore, à cette époque, franchir les passes étroites de l'Escaut occidental, devaient, pour atteindre la mer, doubler l'île de Walcheren par l'autre bras du fleuve (2).

Au cours du XIe siècle, la navigation flamande prend un rapide essor, et le commerce de Bruges est déjà florissant.

Au début de cette ère de prospérité, trois éléments participent au mouvement d'affaires qui anime son port : l'exportation des produits indigènes, en particulier des tissus de Flandre, des pierres sculptées de Tournai et des cuivres travaillés à Dinant ; l'importation des marchan-

(1) Cfr. Kervyn de Letténhove, *Histoire de Belgique*, t. II, Bruxelles, 1847, p. 297.

(2) Cfr. Mertens en Torfs, *Geschiedenis van Antwerpen*, t. II, p. 301.

dises de l'étranger, notamment des laines anglaises et des vins de France (1), enfin le transit des objets qui n'entrent dans le port que pour être réexpédiés aussitôt vers la mer. Des influences de nature diverse vont bouleverser l'importance relative de ces éléments dans le trafic général : sur les quais de Bruges, l'échange de fret entre les navires qui s'y rencontrent et se distribuent leurs cargaisons va devenir prépondérant. Cette tendance caractérise le rôle du port de Bruges au moyen âge : à mesure que s'accroît le trafic, la fonction économique se dessine avec plus de netteté. Au XIVe siècle, Bruges sera l'entrepôt du commerce international, le marché commun des nations d'Occident.

Des conditions naturelles particulièrement favorables prédestinaient les Pays-Bas au rôle considérable qu'ils allaient jouer de bonne heure dans le commerce européen. Situés dans le voisinage de l'Angleterre, ils offraient au nord une série de ports échelonnés sur une large étendue de côtes. Par trois fleuves navigables, ils se rattachaient aux marchés de la France et de l'Empire germanique. Les Pays-Bas s'ouvraient ainsi de toutes parts à l'afflux des

(1) Les documents de l'époque établissent l'existence d'un mouvement commercial assez considérable entre le port de Bruges et son *hinterland*. En 1167, Philippe d'Alsace confirme un ancien privilège des habitants d'Ypres, en vertu duquel, en payant un denier par bateau chargé de marchandises, ils étaient exempts de tous péages sur l'Iperleet, cours d'eau qui s'abouchait au port de Bruges (v. Diegerick, *Inventaire des chartes d'Ypres*, t. I, p. 6, n° 5). Vers la même époque, le cuivre anglais supplante, sur le marché de Dinant, le cuivre de Goslar, et à Liége, où n'arrivaient jusque là que les vins du Rhin et de la Moselle, on débarque les vins de la Rochelle, venus par la mer (ANNALES S. JACOBI LEODIENSIS. Monum. Germ. Hist. Script., t. XVI, p. 654). Enfin nous voyons qu'en 1308, un règlement des échevins et doyens de la ville de Gand fixe le salaire des bateliers arrivant par la Lieve de Bruges et de Damme à Gand. Il y est dit que le chargement ne pourra excéder le poids de cinq tonnes de vin, ou dix boisseaux de grain, équivalant à trois lasts de hareng, cinq cents bardeaux, cinq lasts de cendres, quarante pots de beurre, trente-six tonnes de bière de Lubeck et trente-trois de Hambourg, sept tonnes de guède (Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple de Bruges*, p. 119, n° 162 ; Diericx, *Mémoire sur la ville de Gand*, t. I. p. 241).

marchandises, et, par des routes naturelles, expédiaient leurs produits aux peuples du nord comme à ceux du midi. Un réseau de rivières et de ruisseaux canalisés, se perdant en partie dans la mer, en partie dans l'Escaut, facilitaient les communications entre les villes flamandes, populeuses et florissantes, où la renommée des foires, qui se succédaient à de courts intervalles, attirait les marchands de tous les pays. Dès le XIIe siècle, une route terrestre, tracée du Rhin à la mer du Nord, relie Cologne à Bruges : tandis que les bateliers suivent le cours des fleuves pour apporter à la Flandre les denrées du midi, de l'est à l'ouest des caravanes de marchands, sillonnant la plaine, s'acheminent vers les côtes flamandes (1). La Flandre trafique avec tout l'ouest de l'Allemagne centrale, et, par la Hanse des dix-sept villes qui l'unit aux cités marchandes du nord de la France (2), elle expose ses draps aux foires célèbres de Champagne, où déjà les drapiers flamands rencontrent les Génois (3). Les richesses d'Orient, amenées dans les ports de Gênes et de Venise, franchissaient les Alpes, atteignaient le Danube ou le Rhin, et, par ce dernier fleuve, descendaient aux Pays-Bas (4).

D'importantes relations commerciales s'étaient donc établies entre la Flandre et l'étranger à l'époque où le négoce empruntait encore de préférence les routes et les fleuves. Mais, quand la navigation maritime se développa, nos côtes devinrent tout de suite l'étape des marchands de toutes les nations. La situation géographique de la Flandre était, à cet égard, exceptionnellement heureuse. Située à mi-chemin entre le Sund et le détroit de Gibral-

(1) Voir Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 166.

(2) Voir Bourquelot, *Études sur les Foires de Champagne*, dans les MÉMOIRES présentés par quelques savants à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, t. V, p. 195.

(3) Schulte, *Geschichte des mittelalterlichen Handels und Verkehrs zwischen Westdeutschland und Italien*, t. I. Leipzig, 1900, p. 127. — Hildebrand, *Zur Geschichte der deutschen Wollindustrie*, JAHRBÜCHER FÜR NATIONAL ŒKONOMIE UND STATISTIK, t. VI, p. 237.

(4) Vanderkindere, *Le Siècle des Artevelde*. Bruxelles, 1879, p. 210.

tar, elle attirait les vaisseaux de la Baltique et de la mer du Nord, qui rencontraient chez elle les navires arrivés de la Méditerranée et des côtes de l'Océan. La navigation au long cours était pleine de périls, et le commerce direct entre le midi de l'Europe et son extrémité nord-ouest fort malaisé. Les Allemands n'entreprenaient guère d'expéditions dans la Méditerranée ; les Français ne s'aventuraient pas jusqu'aux ports de l'Elbe et du Wéser ; pour les navigateurs italiens qui avaient affronté les orages du golfe de Gascogne, la Flandre marquait le terme de leur course (1); tous ces peuples trouvaient un point de contact naturel dans cet estuaire d'accès facile, où s'échangeaient les vins de France et d'Allemagne, les draps d'or et les épices que les Lombards apportaient de l'Orient. Bruges, établie au carrefour des grandes artères du commerce d'Europe, devient le rendez-vous des nations germaniques et des peuples romans.

Mais ce n'est pas uniquement à sa position géographique que le port de Bruges dut sa prodigieuse fortune. L'administration clairvoyante des princes a puissamment concouru à l'accroissement de sa prospérité. C'est le mérite des comtes de Flandre de n'avoir point sacrifié les intérêts du pays aux caprices d'une politique personnelle, et d'avoir su résister aux entraînements de la fiscalité médiévale. Tandis que les transformations économiques se succèdent, et que Bruges voit évoluer la fonction de son port, les comtes perçoivent nettement les exigences commerciales, et adaptent leur politique aux nécessités du moment. Lorsque le développement des affaires maritimes est subordonné encore à l'activité industrielle de l'arrière-pays, et que la manufacture drapière fournit au port le meilleur élément de son trafic, les comtes attirent en

(1) Sartorius, *Urkundliche Geschichte des Ursprunges der deutschen Hanse*, t. I, Hambourg. 1830, pp. 212-213 ; voir aussi Roscher, *Ansichten der Volkswirthschaft aus dem geschichtlichen Standpunkt*, t. I. Leipzig, 1878, p. 330.

Flandre, et notamment à Bruges (1), des tisserands de toile et d'étoffes de laine (xe siècle). Mais les foires restèrent le grand débouché des tissus flamands, aussi longtemps que la faveur du transit s'attacha aux routes terrestres et fluviales ; aussi les comtes s'empressèrent-ils de favoriser ces concours de marchands : de Baudouin V à Charles le Bon, de nombreuses lois de paix assurent le bon ordre des foires et garantissent la sécurité des étrangers. Lorsque Bruges tendit à centraliser le commerce d'Occident, rien ne fut épargné pour développer les relations internationales. Devançant les autres princes d'Europe (2), les comtes de Flandre s'attachèrent à réprimer la piraterie ; ils supprimèrent de bonne heure le droit d'épave, fixèrent équitablement le tarif des tonlieux (3), et cherchèrent à empêcher l'altération des monnaies (4). Une longue série de privilèges attestent le souci constant de garantir aux étrangers la sécurité de leurs personnes et de leurs biens, d'assurer la loyauté des contrats, la facilité des transactions et la bonne administration de la justice. Les Keures de Bruges ordonnent aux échevins de faire droit à la plainte d'un étranger dans les trois jours, dans la huitaine si celui dont on se plaint est absent (5). De nombreux privilèges de justice sont octroyés par la comtesse Marguerite aux marchands de l'Empire (1252). Ils ne pourront être arrêtés pour dette que s'ils sont débiteurs principaux, et ils ne seront pas emprisonnés s'ils peuvent

(1) Warnkœnig, *Histoire de Flandre*, trad. Gheldolf, t. II, p. 182.

(2) Sartorius, *Urkundl. Gesch.*, t. I, p. 212.

(3) Gilliodts-Van Severen, *Cartul. de l'ancienne estaple de Bruges*, t. I, p. 13.

(4) Cfr. Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 163. — La diversité des types monétaires et l'incertitude des rapports qui existaient entre eux entravaient les opérations du commerce international ; dès la fin du XIIIe siècle, la lettre de change, qui devait remédier à ces inconvénients, était en usage à Bruges (Vanderkindere, p. 246 ; Gilliodts-Van Severen). *Inventaire des archives de la Ville de Bruges*, t. III, p. 249.

(5) Keures du 25 mai 1281 et du 4 novembre 1304 ; Gilliodts-Van Severen, *Cartul. anc. est.*, t. I, n° 83 ; *ibid.*, nos 7 et 46.

fournir caution. Si des hostilités éclatent entre la Flandre et une ville allemande, seuls les citoyens de cette ville pourront être inquiétés : encore jouiront-ils d'un délai de trois mois pour sortir du pays et emporter leurs biens (1). Louis de Crécy accorde des privilèges analogues aux bourgeois et marchands de la Rochelle et de St-Jean d'Angély qui ont leur étape à Damme (2). A la requête des marchands de l'Empire, le magistrat de Bruges octroie aux négociants de tous pays des lettres de garantie relatives au droit de balance (1318) : les dispositions les plus minutieuses sont prises pour assurer la loyauté des opérations du pesage public (3) ; les courtiers sont tenus de prêter serment aux échevins, ils sont suspendus à la moindre irrégularité, aussi longtemps qu'ils n'ont pas accordé satisfaction à la personne lésée (4) ; les débardeurs sont soumis aux mêmes règles, et les voituriers sont déclarés responsables des marchandises qui leur sont confiées (5). Enfin l'érection d'une chambre d'assurances à Bruges, en 1310, permet aux négociants de faire garantir leurs marchandises contre les risques de mer et d'incendie, moyennant le payement d'une prime de quelques deniers pour cent (6).

Plus remarquable encore est le régime de liberté commerciale dont la Flandre offre l'exemple à l'époque où le monopole et le privilège pénètrent partout la législation. La politique nettement libérale, on dirait volontiers libre-échangiste, des comtes de Flandre (7) favorise à Bruges l'essor du commerce international, tandis que des

(1) *Cartul. de l'ancienne estaple de Bruges*, t. I, n° 46.
(2) Charte conservée aux archives du Nord, transcrite par Finot, *Étude historique sur les relations commerciales entre la Flandre et la France au moyen âge*. Paris, 1894, p. 351.
(3) *Hansisches Urkundenbuch*, t. II, n° 154, § 4 à 6.
(4) *Ibid.*, n° 154, § 13.
(5) *Ibid.*, n° 154, § 7.
(6) Gilliodts-Van Severen, *Cartul. de l'ancienne estaple*, t. I, n° 174.
(7) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 245.

restrictions et des prohibitions de toutes sortes entravent ailleurs les relations des étrangers entre eux. Les tracasseries fiscales de la politique française au XIIIe siècle poussent beaucoup de peuples à établir sur nos côtes le siège de leurs transactions (1). Venise, intolérante pour le trafic des nations rivales, cherche à monopoliser au profit des Vénitiens le commerce de son port : elle cantonne les étrangers dans des quartiers étroitement gardés, et leur interdit toutes relations d'affaires avec d'autres marchands que les sujets de la République (2). A Bruges, au contraire, les étrangers trafiquent librement entre eux (3) ; ils peuvent acheter, vendre ou échanger des marchandises sur leurs navires, leurs barques ou toutes autres embarcations ; sur l'eau ou sur terre, dans la rue, dans les celliers ou ailleurs ; ils sont autorisés à conserver leurs marchandises aussi longtemps qu'il leur plaît, à les transporter où bon leur semble, par terre ou par eau, sans être contraints à les vendre. On leur interdit seulement les opérations de change et le prêt à intérêt (4). Les courtiers sont les intermédiaires obligés dans toute opération commerciale de quelque importance ; mais, de bonne heure, les comtes arrêtent leur tarif, et la ville de Bruges est responsable de leurs malversations vis-à-vis des étrangers (5). Enfin des conditions avantageuses sont accordées aux marchands de tous pays, pour s'établir

(1) Vanderkindere, *Le Siècle des Artevelde*, p. 211.

(2) Cfr. Schulte, *Geschichte des mittelalterlichen Handels*, t. I, p. 352. — Noël, *Histoire du commerce du monde*. Paris, 1891-1906, t. II, pp. 204 et ss. — Ehrenberg, *Makler, Hosteliers und Börse in Brügge* ; ZEITSCHRIFT FÜR DAS GESAMMTE HANDELSRECHT, t. XXX, p. 406.

(3) L'importation des draps anglais était prohibée en Flandre, mais on en tolérait le transit, ainsi qu'en témoignent les privilèges accordés aux Orientaux en 1359. Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. II, p. 51.

(4) Privilèges accordés par Robert de Béthune en 1307 ; *Cartulaire de l'ancienne estaple de Bruges*, t. I, n° 158, art. 2 et 3 ; voir aussi n° 169 (14 nov. 1309), et la lettre de Robert au roi d'Angleterre (26 juillet 1314), *Cartulaire de l'ancienne estaple*, t. I, n° 189.

(5) Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple*, t. I, p. 127.

dans la ville avec leurs biens ; ils peuvent y acquérir des hôtels, et des facilités spéciales leur sont octroyées pour la location de maisons, de caves et de celliers (1).

Le port de Bruges, où le commerce jouissait ainsi d'une liberté presque illimitée, offrait d'ailleurs à la navigation une des stations les plus favorables des côtes de l'océan germanique (2). Sous le règne de Philippe d'Alsace (1180), à la suite d'une inondation qui avait rompu les digues et submergé les environs de Bruges, des améliorations considérables avaient été apportées au régime du Zwin : de puissantes digues marquaient les bords du chenal, des pilotis et des balises en signalaient les bas-fonds (3). Ce fut probablement au début du XIIIe siècle que Bruges fit creuser le grand canal de navigation, ou nouveau Zwin, qui reliait Damme au port, et l'ancien Zwin, dans la direction de Bruges, ne fut plus fréquenté que par des navires d'un faible tirant (4). Il fallait isoler le nouveau canal de l'action des marées : ce fut alors qu'un homme de génie, dont l'histoire ne nous a point transmis le nom, construisit la première écluse à sas (5). Jusqu'à cette époque, de grandes grues *(overdrachten, dobbele kraenen)* faisaient monter et descendre les navires tout chargés sur des plans inclinés et les transportaient ainsi d'une section de canal dans une autre (6). Au témoignage de Guillaume le Breton (7), le port était tellement vaste, qu'il put contenir, en 1213, tous les navires qui prirent part à l'expédition de Philippe-Auguste contre Ferrand de Portugal.

(1) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. II, p. 50.

(2) Warnkœnig, *Histoire de Flandre*, t. II, p. 197.

(3) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 241.

(4) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, Intr., pp. 470-471.

(5) *Ibid.*, t. III, p. 314. On ignore la date à laquelle fut construite cette écluse ; elle fut renouvelée de 1394 à 1396.

(6) Warnkœnig, *Histoire de Flandre*, t. II, p. 187.

(7) Cité par Warnkœnig, *ibid.*, p. 36.

On y trouvait déjà les richesses de toutes les parties du monde.

Attirés par l'importance du transit, les marchands vinrent s'établir sur les bords du golfe, où bientôt s'élevèrent Termuyden, Monikerede, Houcke et l'Écluse, tandis que grandissait la prospérité de Damme. Plus d'une parmi ces villes aurait pu faire à Bruges une concurrence désastreuse ; mais le privilège de l'étape, qui lui fut octroyé à une date inconnue (1), lui assurait sur la navigation du Zwin les droits les plus importants : toutes les marchandises qui pénétraient dans le bras de mer devaient être offertes en vente d'abord à Bruges, à l'exception de quelques denrées qu'il était permis d'exposer à Damme, Houcke et Monikerede. C'est après de nombreuses luttes avec les bourgeois des villes environnantes, notamment avec ceux de l'Écluse, que Bruges se trouva définitivement en possession de ce droit (2).

Au début du XIIIe siècle, plus de trente-quatre nations alimentent de leurs produits le trafic de son port. Un document contemporain qui les énumère nous instruit sur la provenance des denrées qui figuraient dans le commerce maritime, en même temps qu'il atteste l'étendue et la variété des rapports de Bruges avec l'étranger (3). L'Angleterre, l'Écosse et l'Irlande envoyaient des laines, des cuirs, du plomb, des charbons de roche, des fromages et des suifs ; la Russie importait ses pelleteries et le

(1) Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple*, t. I, p. 4. — Sur le droit d'étape, voir Gaillard, *Anciennes institutions commerciales*, *Privilège d'étape*; et Biedermann, *Das Stapelrecht*, *Vierteljahrschrift für Volkswirthschaft, Politik und Kulturgeschichte*, t. LXXII. Berlin, 1881, p. 1.

(2) Gaillard, *op. cit.*, p. 3. Voir aussi *Hansisches Urkundenbuch*, t. IV, n° 254.

(3) Ce texte, rédigé en 1200 à l'usage des marchands, a été maintes fois reproduit ; on le trouvera dans Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple de Bruges*, t. I, p. 14, et dans Kervyn de Lettenhove, *Histoire de Flandre*, t. II, p. 300, note 5 ; l'original en est conservé à la Bibliothèque nationale de Paris.

Danemark ses chevaux ; de Hongrie, de Bohême et de Pologne on expédiait à Bruges la cire, l'or et l'argent en lingots ; la Navarre fournissait la laine filée, la basane, la réglisse, des amandes et des draps « dont on fait grandes voiles aux nefs » ; d'Aragon nous venaient le safran et le riz, d'Allemagne le vin, les blés et le fer ; les marchands des royaumes de Léon, de Castille et d'Andalousie exposaient à Bruges la cochenille, les filasses, les laines, le vif-argent, le cumin, l'anis et des fruits ; on trouvait sur les quais du port le saindoux de Galicie, les raisins du royaume de Grenade, les épices d'Égypte, de Palestine et d'Arménie, les pelleteries de Fez et de Tunis, les sucres du Maroc (1), les aluns de Majorque et de Constantinople (2), enfin les draps d'or de la Tartarie (3).

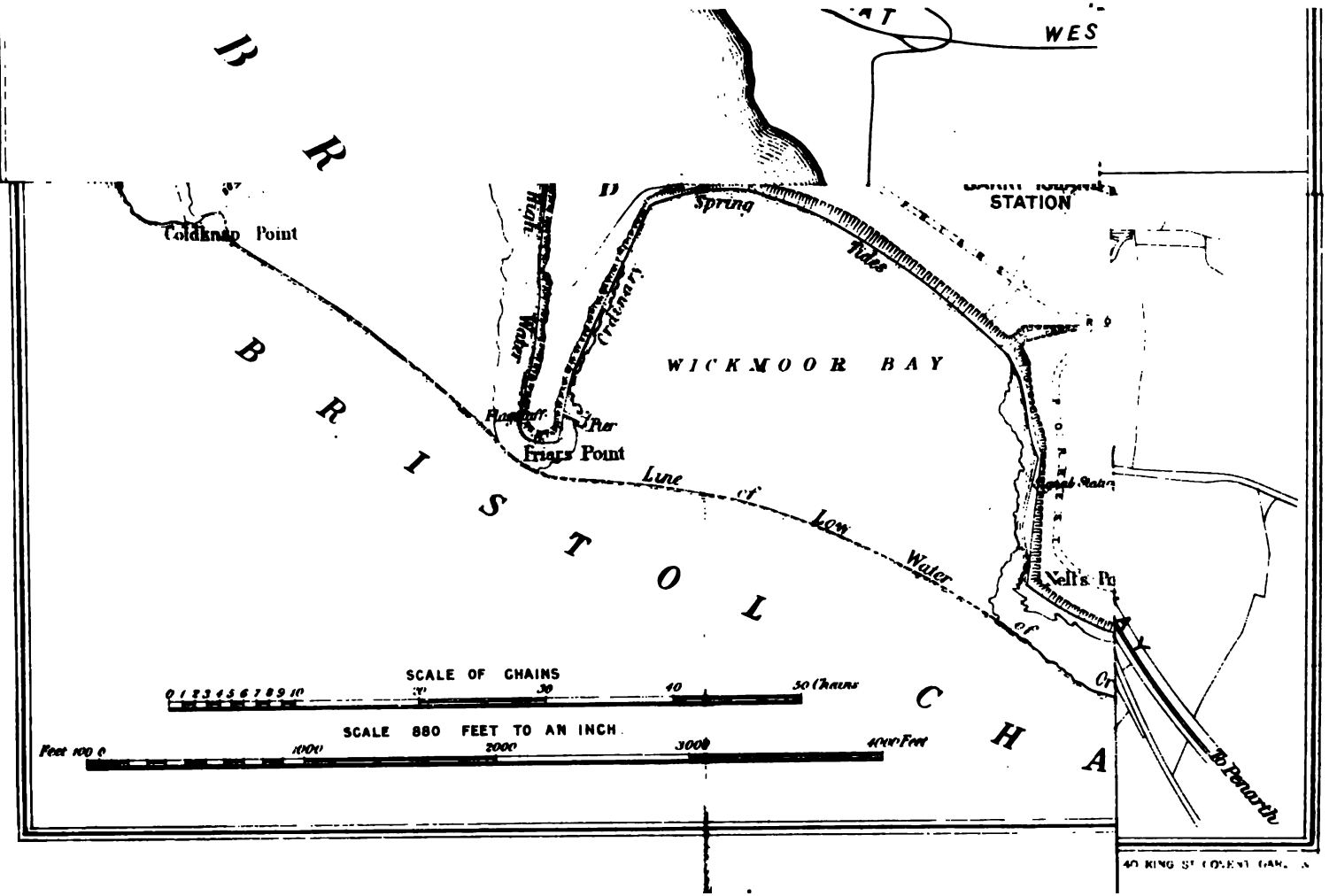
En 1285, le vieux port de Bruges, situé en aval de la Reye, n'est plus assez spacieux pour contenir les bateaux qui entrent dans le Zwin. Le comte et le magistrat s'empressent d'accéder au vœu des marchands et creusent un bassin au centre de la ville. La partie de la Reye qui longe la place et communique avec le nouveau port est couverte d'un bâtiment (waterhalle) long de cent mètres et large de vingt et un, qui occupe tout le côté oriental de la grand'place. De vastes magasins s'établissent sous cette halle, où le chargement et le déchargement des marchandises se font constamment à couvert (4).

(1) Le sucre était surtout amené à Bruges par les Vénitiens qui allaient le chercher en Égypte, et dans l'île de Candie ; la canne était cultivée en Sicile et en Espagne avant 1150, et les raffineries existaient déjà dès la première moitié du XIIIe siècle (Gaillard, *Étude sur le commerce de la Flandre au moyen âge*, II, *Mouvement commercial de Bruges*, p. 31). Le sucre était alors une denrée fort chère : le prix de la livre oscillait entre 4 et 10 sols parisis au cours du XIVe siècle (Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. II, p. 206).

(2) L'alun, qui servait à la tannerie, était spécialement importé par les Italiens qui le tiraient eux-mêmes de l'Asie mineure (Gaillard, *op. cit.*, p. 6).

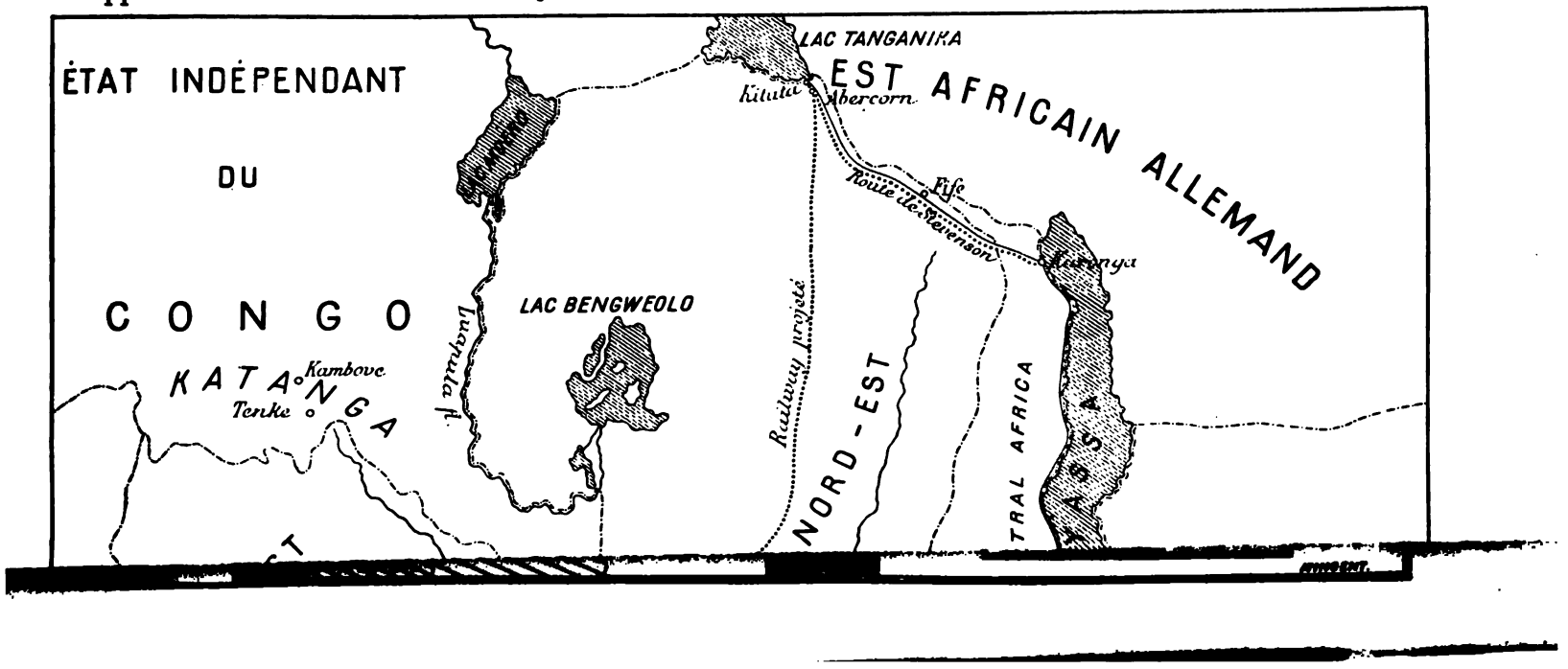
(3) A cette nomenclature, il faudrait ajouter la France, Gênes et Venise, dont les marchands fréquentaient assidûment nos côtes.

(4) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. V, p. 318.


BRISTOL CHA
WICKMOOR BAY
Coldknap Point
Friars Point
Pier
Spring
Tides
Ordinary
Water
Line of Low Water
STATION
WES
Nell's Pt
To Penarth
SCALE OF CHAINS
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 Chains
SCALE 880 FEET TO AN INCH.
Feet 100 0 1000 2000 3000 4000 Feet

UNIV. OF MICH.

Supplément à la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, livraison du 20 juillet 1906.



Quelle que fût alors l'importance du port de Bruges, c'est au XIVe siècle seulement qu'il atteignit l'apogée de sa fortune. Un service régulier de navigation relie à cette époque le port du Zwin à ceux de Gênes et de Venise. Les foires de Champagne avaient été, durant le XIIIe siècle, le rendez-vous des marchands flamands et génois ; les progrès de la navigation maritime diminuèrent l'importance des foires, et, sous le règne de Philippe le Bel, les Italiens commencèrent à se détourner des marchés de la Champagne. Quelques années plus tard (1315), la guerre s'étant rallumée entre la France et la Flandre, Louis le Hutin interdit à ses sujets tout commerce avec les Flamands ; ceux-ci abandonnèrent les foires françaises, et les Génois, cherchant à renouer avec nos marchands les relations interrompues, prirent, à travers la mer, le chemin de la métropole flamande (1). En 1324, un service régulier de galères est établi de Gênes à Bruges (2).

Quant aux Vénitiens, ils avaient fixé de bonne heure sur nos côtes le siège de leurs opérations commerciales avec les marchands de l'Empire. En 1317, le gouvernement de la République équipa lui-même plusieurs escadres, formées chacune de quatre ou six galères, et destinées au commerce des Vénitiens avec les principaux ports d'Europe et d'Orient. La flotte de Flandre appareillait pour le plus long voyage. Après avoir trafiqué sur les rivages de l'Afrique, elle longeait les côtes de l'Espagne, du Portugal et de la France, pour mouiller dans les ports de l'Angleterre et des Pays-Bas. Les galères de Flandre apportaient les vins de Chypre, les fruits secs, le sucre en poudre dont Venise approvisionnait la Flandre, la soie, les cotons bruts ou filés, des épices, des drogues, des aromates, et une foule d'autres denrées du Levant. Le transport des matières premières n'offrant aux spécula-

(1) Bourquelot, *Études sur les foires de Champagne*, p. 195.
(2) Schulte, *Geschichte des mittelalterlichen Handels*, t. I, pp. 127-128.

teurs de Venise que le bénéfice du fret, ils chargeaient aussi les galères des produits de leur propre industrie : glaces, verres, riches étoffes de laine, de soie et d'or. Ils rencontraient à Bruges les marchands de l'Empire affiliés à la Hanse teutonique, et leur vendaient les marchandises apportées d'Orient. Les Vénitiens étaient autorisés à exposer en vente à Bruges, pendant quarante-cinq jours, les produits qu'ils déchargeaient de leurs galères (1). Celles-ci redescendaient alors vers Venise, après s'être pourvues de toutes les denrées que les pays du nord pouvaient fournir à ceux du midi (2). Un auteur évalue à 100 000 ducats d'or, soit à plus de 1 700 000 francs, la cargaison de chacune de ces galères (3). Cette estimation n'est peut-être pas exagérée : la plupart de ces marchandises étaient des matières précieuses, n'offrant qu'un faible poids et un faible volume, et chaque galère jaugeait 1000, 1200 ou 2000 tonnes.

La fonction économique du port de Bruges au moyen âge s'accuse nettement dans la disparition de sa flotte de commerce. Chez presque tous les peuples, le développement de la marine marchande est le corollaire naturel de la prospérité du commerce et de l'industrie ; mais à mesure que le rôle de Bruges grandit dans le trafic international, les bateaux flamands cessent de participer au mouvement de son port. Les populations de la côte pratiquent encore le cabotage et ne délaissent point les occupations fructueuses de la pêche, mais elles abandonnent presque complètement la navigation au long cours (4). L'activité des manufactures flamandes eût bien permis à nos marins d'échanger dans les ports d'Angle-

(1) Archives de l'État à Bruges ; *Ouden Wittenbouc*, fol. 17, n° 2.
(2) Daru, *Histoire de la République de Venise*, livre XIX.
(3) Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple*, t. I, p. 177.
(4) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 242.

terre et d'Écosse leurs cargaisons de draps contre des chargements de laines, car l'industrie drapière avait pris une importance de plus en plus considérable : les tissus de Flandre étaient répandus dans toute l'Europe, et figuraient dans les bazars d'Orient avec les damas, les brocarts et les draps d'or et d'argent (1). Au milieu du XIVe siècle, l'importation des laines anglaises est si active, qu'elle occasionne, en 1354, le déplacement d'un capital de 294 184 livres d'Angleterre (2) ; mais Bruges avait acquis l'étape des laines anglaises, et les drapiers achetaient sur les quais du port la précieuse matière qu'ils avaient dû autrefois aller chercher au delà de la mer (3). Les marchands étrangers, concentrés à Bruges, pénétraient eux-mêmes dans l'intérieur du pays pour se procurer les marchandises destinées à l'exportation. L'office de courtier qu'elle remplit entre les nations marchandes absorbe l'activité de Bruges et l'isole de son arrière-pays. La Hanse de Londres qui l'unissait aux principales villes drapières avait monopolisé durant de longues années le commerce de la Flandre avec l'Angleterre ; Bruges se dégage de cette association, dont l'exclusivisme aurait entravé l'essor des relations internationales : dès avant le XIVe siècle, il n'est plus fait mention de la Hanse de Londres (4).

Aussi longtemps que les fleuves et les routes furent les grandes artères du commerce, nos marins transportaient vers l'Angleterre et les côtes de la mer Baltique les marchandises amenées de l'Europe centrale ; mais lorsque les progrès de la navigation eurent développé l'industrie des transports maritimes, et que Bruges fut devenue le grand port d'échange d'Occident, les navires étrangers

(1) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 250.
(2) Varenberg, *Histoire des relations diplomatiques entre le Comté de Flandre et l'Angleterre au moyen âge*, p. 290.
(3) Pirenne, *La Hanse flamande de Londres*, BULLETIN DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE (classe des lettres), 1899, p. 102.
(4) *Ibid.*, p. 103.

finirent par accaparer le fret. Quel que fût son port d'origine, tout navire qui arrivait à Bruges était aussi sûr de trouver à se charger, dans cet entrepôt des richesses du nord et du midi, que de pouvoir s'y débarrasser de sa cargaison. Il n'en était pas ainsi, au départ de Bruges, pour le marin de Flandre; il pouvait craindre de se voir, au retour, réduit à naviguer sur lest, chaque nation réservant à son pavillon les avantages de son commerce. Entre étrangers et flamands, la lutte pour le fret devenait inégale, et les premiers ne tardèrent pas à monopoliser l'industrie des transports. Les comtes de Flandre eurent alors la sagesse de ne point s'obstiner à disputer cet avantage à la concurrence étrangère ; ils comprirent de bonne heure quelle source de prospérité un grand port d'échange offrait à la Flandre, et leurs efforts tendirent à favoriser le contact entre les peuples étrangers.

Du canal de Gibraltar au fond de la Baltique, il n'est pas une nation marchande qui ne possède à Bruges ses consuls, ses magasins et ses comptoirs (1). Bruges n'est pas seulement le grand marché des laines anglaises, le dépôt central des draps et des toiles de Flandre, elle est l'entrepôt du commerce de l'univers.

Telle est l'importance de la ville au XIVe siècle, que sa cotisation dans les aides et subsides que la Flandre accorde à Philippe le Hardi, en 1388, dépasse le cinquième du tribut de la Flandre tout entière (2). L'abondance des capitaux correspond à l'afflux des

(1) Les Guinigi de Lucques avaient treize représentants à l'étranger : quatre d'entre eux résidaient à Bruges (Schulte, *Geschichte des mitelalterlichen Handels*, t. I, pp. 289 et 349).

(2) Ces subsides s'élevaient à 100 000 francs d'or ; Bruges fut taxée pour une somme de 22 708 francs (Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. III, p. 111). On ne possède point de données précises sur la population de Bruges à cette époque. M. Pirenne (*Histoire de Belgique*, t. I, p. 260) estime qu'on peut, sans tomber dans l'exagération, fixer à 80 000 le chiffre de la population brugeoise au cours de la période qui va de la fin du règne de Gui de Dampierre au début de la guerre de cent ans (1305 à 1337).

marchandises. Attirés par l'activité du trafic international, les Lombards ont développé depuis longtemps le commerce d'argent, et Bruges est devenue le premier comptoir financier d'Occident (1). La circulation monétaire s'accroît même au xve siècle. Les grandes maisons de banque italiennes ouvrent des guichets à Bruges, les Médicis y établissent une succursale, et l'on y traite encore sous le règne de Charles le Téméraire de vastes opérations de crédit. C'est alors aussi que la ville déploie le plus de luxe et de magnificence, mais sa puissance économique ne répond plus aux splendeurs dont elle s'entoure (2) ; au xve siècle, l'étoile de Bruges a dépassé le zénith et penche vers son déclin.

Dépourvue de flotte, Bruges avait trouvé dans son port d'échange international le mouvement d'affaires qui entretenait sa prodigieuse vitalité ; elle ne pouvait maintenir sa fortune qu'à la condition de rester le marché commun des nations (3). Or, au xve siècle, le comptoir de la Hanse teutonique, qui assurait ses relations avec les peuples du nord, perd son ancienne importance : ce fut, pour la métropole flamande, un coup désastreux. Les marchands d'Angleterre, suivis bientôt des marchands du Midi, prirent la route de l'Escaut, et fixèrent à Anvers le centre de leurs opérations. L'exode de cette clientèle cosmopolite s'accuse dans la dépréciation considérable du produit des accises, qui frappaient surtout les objets du commerce de transit et d'exportation : en 1404-05, aucun spéculateur ne se présente à l'adjudication de l'impôt, et la ville est obligée de substituer la perception directe à la mise à ferme usitée jusqu'à cette époque (4).

(1) Cfr. Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. II, p. 393.

(2) En 1369-70, la ville distribue du blé et des souliers au peuple et les budgets se soldent désormais en déficit.

(3) Hildebrand, *Zur Geschichte der deutschen Wollindustrie* ; JAHRBÜCHER FÜR NATIONAL (EKONOMIE UND STATISTIK, t. VI et VII, 1865-66, p. 241. — Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. II, p. 395.

(4) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. IV, p. 42.

C'est en vain que Bruges lutte à coups de mesures protectionnistes pour le maintien d'une prépondérance qui lui échappe (1) : Anvers la supplante de jour en jour dans le commerce international.

Des circonstances diverses concouraient d'ailleurs à pousser vers Anvers les navires qui faisaient voile vers les Pays-Bas. Le début du xve siècle marque, pour les côtes de Flandre, une recrudescence de la piraterie. Des écumeurs de mer, venus d'Angleterre et d'Écosse, de Bretagne et de Normandie, de Castille même, et surtout de Zélande ferment, pour ainsi dire, au commerce le golfe du Zwin, moins abrité que la rade d'Anvers contre les ravages des corsaires.

La nature elle-même précipite la décadence de Bruges : le caprice des eaux qui lui avait permis d'édifier sa fortune en lui ouvrant la route de l'univers, s'acharnait depuis longtemps (2) à détourner au profit de sa rivale le transit maritime : tandis que des inondations élargissent l'Escaut occidental et donnent à Anvers un accès direct à la mer, la baie du Zwin s'ensable et finit par se combler tout à fait.

A la fin du xve siècle, un petit commerce de draperie anime à peine la ville (3), et quatre à cinq mille maisons « vagues, closes et venans en ruyne » (4) attestent la chute rapide de Bruges, qui jadis n'avait point de rivale dans les contrées du nord et que Venise seule égalait peut-être au midi.

GEORGES EECKHOUT.

(1) *Hanserecesse*, 1431-1476, t. I, p. 233. — Gilliodts-Van Severen, *op. cit*, t. IV, pp. 53 et 140.

(2) Sur les sacrifices que Bruges s'est imposés durant plusieurs siècles pour conserver et rétablir la navigabilité du Zwin, voir Gilliodts-Van Severen dans *la Flandre*, 1882, p. 319; du même auteur, *Invent. des arch. de la ville de Bruges*, Intr. p. 470, et *Bruges port de mer*. pp. 43 et ss.

(3) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. II, p. 397.

(4) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives*, t. VI, p. 386.

III

LE PORT DE BARRY

—

rt de Barry est situé sur la rive nord du canal de
en pays de Galles. Né d'hier, il n'a pas d'histoire :
clusivement ou à peu près un port d'exportation
on. Son existence a eu sur le commerce maritime
ume-Uni cet effet appréciable d'augmenter encore
é de trouver un fret de retour pour les vaisseaux
plus nombreux qui portent les produits du monde
ıns les ports britanniques.
éation a permis aussi à l'industrie houillère gal-
prendre une nouvelle extension et d'augmenter
ıction de plusieurs millions de tonnes par an.
charbon gallois de la qualité dite *steam coal*
harbon type et sans rival pour la navigation à
donnant un maximum de chaleur avec un mini-
fumée ; très pur et exempt de pyrites, il n'est pas
la combustion spontanée qui expose les navires
er d'incendies d'autant plus redoutables que les
les allument ont longtemps couvé dans les soutes.
ıarbon *steam coal* est recherché par toutes les
lu monde, et les vaisseaux qui en embarquent à
'autre fret sont toujours certains de vendre con-
ment leur cargaison.
donc en premier lieu à la qualité exceptionnelle
ıarbon, à la richesse et à la facilité d'exploitation
in houiller qui le contient, que le Pays de Galles
développement considérable de son industrie et
ports gallois : Cardiff, Barry, Newport, Swansea,
leur prospérité ; mais c'est aussi à la clair-
, à l'esprit d'entreprise, à la persévérance et à la

puissance des fondateurs de Cardiff et de Barry qu'il faut attribuer la rapidité et la grandeur de ce développement.

J'ai dit plus haut que les ports du canal de Bristol sont des ports d'exportation ; est-ce à dire qu'ils soient condamnés à rester tels ? Je crois que, si les circonstances l'exigent, les propriétaires des ports pourront modifier cet état de choses.

Le Sud Galles constitue, il est vrai, un arrière-pays bien pauvre et le commerce d'importation est limité pour le moment aux besoins de la classe ouvrière massée dans la région des mines, et à certains besoins de l'industrie minière et métallurgique.

Voici, par exemple, le relevé des importations de Cardiff en 1905 :

Minerais de fer	876 457	tonnes
Fonte	12 466	»
Fers en barres ou ouvrés	64 154	»
Bois de charpente	25 944	»
Planches et bouts	92 641	»
Bois pour parquets et divers	15 781	»
Bois de mines	357 393	»
Céréales et farines	379 101	»
Pommes de terre	52 863	»
Briques	2 009	»
Marchandises générales	245 183	»
Total	2 123 992	»

Mais derrière la région montagneuse galloise s'étendent les comtés du Midland, pays très riches et de consommation intense, dont Cardiff et Barry, plus rapprochés que Liverpool et les autres ports anglais, pourront un jour conquérir la clientèle au moins jusque Birmingham : il leur suffira de s'outiller mieux pour l'importation et de développer leurs communications ferrées avec ces contrées. Au surplus, ceci concerne l'avenir.

Les points qui doivent surtout retenir l'attention dans l'étude du port de Barry sont les suivants :

Le port et son réseau de voies ferrées sont l'œuvre de l'initiative privée, sans aucun subside des pouvoirs publics.

Cette œuvre a été conçue et exécutée avec une rapidité remarquable.

Le succès et la prospérité du port ont dépassé les prévisions des plus optimistes de ses fondateurs : après seize années d'existence Barry a eu, en 1905, un mouvement total de plus de 9 millions de tonnes, atteignant presque celui de Cardiff, qui date de 1838, et est le troisième port du Royaume-Uni.

Origine du port de Barry

Au nord du canal de Bristol, la terre de Galles va s'élevant en pente douce vers des régions montagneuses d'aspect sauvage sillonnées de nombreuses vallées.

Dans la partie orientale, celle comprise entre Newport et Swansea, ces vallées se divisent en trois groupes :

Le groupe des vallées convergeant vers le sud-est, où est Newport ;

Le groupe central, de beaucoup le plus important, convergeant vers la vallée de la Taf et vers Cardiff, qui marque l'embouchure de ce cours d'eau ;

Le groupe de l'ouest, peu important, qui dirige ses eaux vers la baie de Swansea.

C'est dans cette région montagneuse que gît l'un des plus beaux bassins houillers du monde.

La partie de ce bassin actuellement reconnue et en exploitation a 27 kilomètres du nord au sud et 38 kilomètres de l'est à l'ouest ; sa superficie dépasse 100 000 hectares, et l'éminent ingénieur Foster Brown estime à plus de 6 milliards de tonnes sa richesse en charbon

steam coal sans tenir compte des charbons d'autre qualité, dits charbons bitumineux.

Au taux actuel de la production du bassin gallois, soit 43 millions de tonnes par an, le double de la production des bassins belges, cette réserve connue de *steam coal* est suffisante pour un siècle et demi.

Or, en 1830, le pays de Galles était encore un pays pauvre : le marquis de Bute (second du nom), qui y possédait des territoires immenses, obtenait à peine de ses terres 20 shellings l'hectare.

Sa richesse minérale était connue, mais inaccessible, et elle n'attirait guère les capitalistes ; la preuve en est dans ce fait que le père du marquis avait accordé des licences d'exploitation de 99 ans sur ses domaines de Dowlais et d'Hirwain moyennant une redevance annuelle totale de £ 50, soit 1250 francs, et cependant l'industrie ne s'y développait pas.

Mais le second marquis était un homme d'une rare intelligence et d'une indomptable énergie.

Convaincu de la richesse minérale du pays, il entrevit le Glamorgan devenu un centre industriel de premier ordre, attirant une foule de capitalistes, dont les efforts bien dirigés seraient une source de richesses dont lui, Bute, recevrait sa part légitime.

Arrivé à cette conclusion, il décida de mener l'entreprise à ses frais, risques et périls, s'entoura de conseils techniques de premier ordre, obtint en juillet 1830 du Parlement un acte lui octroyant les autorisations nécessaires, et, en 1839, il inaugura le premier dock de Cardiff qui lui avait coûté dix millions. Une compagnie avait construit en même temps un chemin de fer reliant Cardiff à Merthyr Tydvil, point culminant de la vallée de la Taf.

Ce fut le point de départ d'un grand développement de l'industrie dans ce pays jusqu'alors délaissé. — Lord Bute ne se lassait pas d'ailleurs d'agrandir son port, de perfectionner son outillage, de favoriser la création de nou-

veaux chemins de fer, et ainsi s'ouvraient successivement à l'industrie les vallées de la Rhondda, de Rhymney, d'Aberdare.

Cardiff, écrasant de sa supériorité les ports de Newport et Swansea, croissait avec une rapidité dont le tableau suivant donnera une idée exacte :

ANNÉES	MOUVEMENT DU PORT Tonnes	POPULATION Habitants
1840	46 000	10 000
1850	873 000	18 000
1860	2 226 000	33 000
1870	2 804 000	59 000
1880	6 291 000	85 000
1890	9 218 000	129 000
1900	10 301 000	165 000
1904	10 271 000	180 000

Vraiment, c'était un homme brave le second marquis de Bute ; la grandeur de son œuvre et les résultats qu'elle a produits pour les autres et pour lui-même proclament la sagesse de ses actes et la sûreté de son jugement.

Malheureusement, sa mort marqua un arrêt complet dans le développement de l'œuvre entreprise.

Le troisième marquis de Bute, fatigué, semble-t-il, des efforts de son père, reculait effrayé devant la tâche qui lui incombait, malgré les supplications d'un peuple puissant d'armateurs, d'industriels et de marchands, impatient d'augmenter encore la puissance productrice du pays.

Voilà l'origine du port de Barry.

En 1883, un groupe nombreux d'hommes, les plus éminents et les plus riches de l'industrie houillère, de l'armement, du commerce et même de la propriété foncière, demandèrent au Parlement l'autorisation de créer sur un point désert de la côte du canal de Bristol un port considérable et un réseau de chemins de fer, à leurs frais, risques et périls.

Ces hommes se souvenaient des grands exemples donnés par le fondateur de Cardiff ; je citerai parmi eux Lord Windsor et Lord Romilly, propriétaires des territoires où allaient s'édifier le nouveau port et la nouvelle cité, Archibald Hood, David Davis, Robert Forest, Crawshay, Baily, Thomas, propriétaires de mines, Harrison Page, John et Richard Cory, armateurs et exportateurs.

Malgré l'opposition opiniâtre de Lord Bute, qui fit défendre ses idées et son point de vue par ses représentants devant la Commission du Parlement, celle-ci approuva le projet après quarante-trois séances de discussion ; mais la Chambre des Lords le repoussa.

On prétendit que Cardiff et le pays de Galles étaient arrivés à leur apogée ; que rien ne faisait sentir le besoin d'un nouveau port qui constituerait une concurrence inutile et désastreuse pour Cardiff, déloyale même, étant donnés les services rendus au pays par le marquis de Bute.

Mais avec une persévérance toute britannique, les promoteurs du projet étaient déjà retournés au Parlement, faisant valoir l'engorgement progressif de Cardiff et de ses voies d'accès, dont l'état de congestion devenait chronique ; ils montrèrent que 19 °/₀ des navires se présentant à Cardiff en 1883 avaient dû attendre de deux à cinq jours et 11 °/₀ des navires de six à quinze jours avant d'entrer au port, et qu'il en résultait une perte de £ 150 000, soit près de quatre millions, pour les armateurs. Ils prouvèrent que de nombreux charbonnages étaient entravés dans leur expansion par l'insuffisance des moyens de transport et d'embarquement ; que le port projeté de Barry et son réseau de chemins de fer sauveraient le pays des difficultés les plus graves.

Cette fois le Parlement et la Chambre des Lords furent d'accord et, avant que l'année 1884 fut finie, la Compagnie du Port et des Chemins de fer de Barry était fondée et en possession du *Parliament's Act* qui lui était nécessaire.

En juillet 1889, à peine cinq ans après, le premier dock et la première ligne de la Compagnie étaient inaugurés, et pendant les cinq derniers mois de la même année le nouveau port embarqua plus d'un million de tonnes.

Développement du port de Barry

	ANNÉES	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE ENREGISTRÉ	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	TOTAL
				TONNES	TONNES	TONNES
5 1/2 mois	1889	598	567 958	14 745	1 091 657	1 106 402
1e année	1890	1753	1 692 223	63 675	3 201 621	3 265 296
2e »	1891	2096	2 007 271	87 533	3 968 041	4 055 574
3e »	1892	2182	2 236 827	81 764	4 201 865	4 283 629
4e »	1893	2162	2 199 906	145 406	4 217 171	4 362 577
5e »	1894	2166	2 510 603	167 696	4 899 317	5 067 014
6e »	1895	2278	2 516 122	206 872	5 059 676	5 266 548
7e »	1896	2646	2 696 743	210 446	5 285 002	5 495 448
8e »	1897	2806	3 167 311	248 349	5 859 255	6 107 604
9e »	1898	2271	2 438 960	178 161	4 373 238	4 551 399
10e »	1899	3278	3 742 356	252 053	7 237 264	7 489 317
11e »	1900	3115	3 776 828	255 279	7 231 717	7 486 996
12e »	1901	3076	3 846 598	234 252	7 851 165	8 085 417
13e »	1902	3072	4 157 549	258 491	8 681 614	8 940 105
14e »	1903	3126	4 275 153	389 596	8 855 180	9 244 776
15e »	1904	3060	4 313 566	423 827	9 125 431	9 549 258
16e »	1905	3223	4 278 759	399 996	8 671 868	9 071 864

Tandis que la Compagnie de Barry poursuivait avec une grande activité l'exécution des docks et des installations en vue desquels elle s'était constituée, les exploitants des mines, encouragés, augmentaient rapidement leur production, et sans que le port de Cardiff perdît rien de son importance, au contraire, le port de Barry prospéra comme on le voit par le tableau qui précède.

Il y a un seul moment de défaillance dans cette série d'années prospères, c'est en 1898 ; le tonnage tombe de 6 107 000 tonnes à 4 551 000 tonnes ; mais l'année suivante il rebondit à 7 486 000 tonnes. Le même phénomène s'est produit cette année-là à Cardiff, où le tonnage est tombé de 10 238 000 tonnes à 7 498 000 tonnes pour remonter à 10 975 000 tonnes en 1899.

Cela était dû à une cause générale : les grandes grèves qui désolèrent le pays de Galles.

On le voit, la création de Barry répondait à un besoin d'expansion industrielle ; son commerce d'importation est presque nul, représentant à peine 4 1/2 °/₀ de l'ensemble, au point de vue du tonnage bien entendu.

Voici le relevé des importations pour l'année 1905 :

Bois de mines	309 780	tonnes
Bois de charpente	35 943	»
Fers et minerais	1 030	»
Matériaux de construction	13 055	»
Marchandises générales	40 188	»
Total :	399 996	»

Et le relevé des exportations pour la même année :

Charbon	8 612 881	tonnes
Coke	38 631	»
Rails	678	»
Fers et minerais	780	»
Marchandises générales	18 898	»
Total :	8 671 868	»

Total :

Importations	399 996	tonnes
Exportations	8 671 868	»
Total :	9 071 864	»

Le nombre de navires ayant visité le port est de 3225 ; leur tonnage enregistré de 4 278 759 tonnes, ce qui correspond à un tonnage moyen de 1326 tonnes par navire.

Le tableau suivant, donnant la division des navires en steamers et voiliers, peut être intéressant ; je ne possède, malheureusement, les chiffres que jusqu'en 1902.

ANNÉE FINISSANT LE 31 DÉCEMBRE	STEAMERS		VOILIERS		TOTAL	
	NOMBRE	TONNAGE	NOMBRE	TONNAGE	NOMBRE	TONNAGE
1889	461	440 679	137	127 279	598	567 958
1890	1321	1 310 039	432	382 184	1753	1 692 223
1891	1613	1 645 208	483	362 063	2096	2 007 271
1892	1681	1 787 225	501	449 602	2182	2 236 827
1893	1759	1 819 228	403	380 678	2162	2 199 906
1894	1814	2 125 978	352	384 625	2166	2 510 603
1895	1921	2 203 805	357	312 317	2278	2 516 122
1896	2312	2 402 979	334	293 764	2646	2 696 743
1897	2489	2 844 862	317	322 449	2806	3 167 311
1898	1997	2 217 910	274	221 050	2271	2 438 960
1899	2982	3 529 163	296	213 193	3278	3 742 356
1900	2909	3 565 626	206	211 202	3115	3 776 828
1901	2904	3 675 887	172	170 711	3076	3 846 598
	26 163	29 568 589	4 264	3 831 117	30 427	33 399 706

Le nombre de voiliers, qui était de 501 en 1892, est descendu graduellement à 172 en 1901 ; leur tonnage moyen est resté à peu près constant de 930 à 990 tonnes.

Le tonnage moyen des steamers, au contraire, n'a cessé d'augmenter ; de 980 tonnes par navire en 1889, il est monté à 1326 tonnes en 1905, en augmentation de plus de 35 °/₀.

Le tableau ci-joint donne le relevé complet du mouvement du port émanant de la comptabilité de la Compagnie de Barry, et daté du 13 janvier 1906.

Sur ces rivages encore déserts il y a moins de vingt ans, s'élève une agglomération imposante de maisons, renfermant une population de plus de 35 000 âmes, pourvue d'églises, d'hôtels, de tramways et de toutes les facilités modernes.

Description du port de Barry : ce qu'il a coûté

A l'endroit où s'élève Barry, la côte du canal de Bristol, dont la direction va de l'est à l'ouest, présente une échancrure profonde, semi-circulaire, dans laquelle l'île de Barry est logée.

L'île a la forme d'un champignon dont la tête, tournée vers la côte, se courbe parallèlement à celle-ci ; la queue, tournée vers le sud, s'élève graduellement et forme un promontoire qui protège contre les vents d'ouest et de sud-ouest le chenal qui la sépare de la côte.

Les navires venant du large passent d'abord, sans quitter les eaux profondes, entre deux phares éloignés de 110 mètres, reliés à la terre par de très importants brise-lames.

Le phare ouest est à feux intermittents, haut de 14 mètres et de cinquième ordre ; le phare est, beaucoup plus petit, est à feux fixes.

Ces phares marquent l'entrée de l'avant-port, qui sert

Nombre de Navires — Tonnage enregistré — Importations et Exportations pour les années 1889 *à* 1905

Années	Nombre de navires	Tonnage enregistré	IMPORTATIONS								EXPORTATIONS						Total des importations et des exportations
			Bois de mines	Bois de charpente	Rails	Sable blanc	Fer et minerais	Matériaux de Construction	Marchandises Générales	Total des importations	Charbon	Coke	Rails	Fer et minerais	Marchandises générales	Total des exportations	
			TONNES	TON.	TON.	TON.	TON.	TON.	TON.	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES
1889	596	567 958	7470	2343	2224	521	942	880	365	14 745	1 076 061	12 387	—	2496	713	1 091 657	1 106 402
1890	1753	1 692 223	23 918	16 764	6069	1809	7579	4655	2881	63 675	3 135 439	57 277	2227	4597	2081	3 201 621	3 265 296
1891	2096	2 007 271	55 020	13 970	3333	3371	2316	8965	558	87 533	3 904 844	54 777	2686	3755	1979	3 968 041	4 055 574
1892	2182	2 236 827	45 593	15 728	1682	3536	387	12 597	2241	81 764	4 110 622	80 454	1841	5447	3501	4 201 865	4 283 629
1893	2162	2 199 906	116 560	14 991	727	4991	645	6183	1309	145 406	4 159 320	52 502	1019	414	3916	4 217 171	4 362 577
1894	2166	2 510 603	138 603	17 952	1607	4149	548	3152	1686	167 697	4 822 921	73 763	—	253	2380	4 899 317	5 067 014
1895	2278	2 516 122	174 367	17 419	—	3666	342	9587	1491	206 872	4 998 630	53 202	11	471	7362	5 059 676	5 266 548
1896	2646	2 696 743	144 281	33 215	1005	5494	11	22 559	3881	210 446	5 258 090	21 143	119	31	5619	5 285 002	5 495 448
1897	2806	3 167 311	179 103	35 902	486	3366	3000	19 510	6982	248 349	5 817 845	37 075	24	88	4223	5 859 255	6 107 604
1898	2271	2 438 960	113 477	28 822	—	2180	1705	25 789	6188	178 161	4 340 255	27 205	637	—	5141	4 373 238	4 551 399
1899	3270	3 742 356	156 007	51 378	—	4036	1902	31 694	7036	252 053	7 193 947	29 722	1431	149	12 015	7 237 264	7 489 317
1900	3115	3 776 828	215 827	19 017	1361	937	560	10 054	7523	255 279	7 198 855	27 431	2037	430	2964	7 231 717	7 486 996
1901	3076	3 847 598	174 772	34 781	—	2814	1879	17 725	2281	234 252	7 815 543	29 874	—	724	5224	7 851 165	8 085 417
1902	3072	4 157 549	196 401	35 310	—	2013	5985	11 429	7353	258 491	8 649 236	26 272	1562	—	4744	8 681 614	8 940 105
1903	3126	4 278 153	330 953	26 179	460	—	3491	13 749	14 764	389 596	8 810 127	30 764	1801	650	11 858	8 855 180	9 244 776
1904	3060	4 313 566	340 256	33 329	—	—	18 832	9008	22 402	423 827	9 086 273	28 405	314	—	10 439	9 125 431	9 549 258
1905	3225	4 278 759	309 780	35 943	—	—	1030	13 055	40 188	399 996	8 612 881	38 631	678	780	18 898	8 671 868	9 071 864

de refuge aux bateaux-pilotes, remorqueurs et autres bateaux de service.

De cette entrée, part un chenal de 450 mètres de long et de 5 mètres de profondeur à marée basse, conduisant les navires aux deux écluses d'entrée des docks.

De chaque côté de ces écluses s'avancent de longues jetées en bois qui guident les navires vers leurs portes. La jetée qui longe l'île est construite en pierres sur 200 mètres de long et sert d'accostage aux navires qui font le service du canal de Bristol, tandis que les trains y amènent ou y prennent les voyageurs et les marchandises que ces bateaux transportent.

L'entrée des docks, a-t-on dit, est commandée par deux écluses. En réalité, ce n'est pas tout à fait exact : on se trouve à gauche devant une véritable écluse nommée *Lady Windsor*, et à droite devant un bassin de moindre tirant d'eau isolé, au nord, des docks, au sud, de l'avant-port, par des portes de fer.

L'écluse de gauche a 200 mètres de longueur, 20 mètres de largeur et 18 mètres de profondeur ; elle est pourvue de 3 paires de portes de fer mises en mouvement par la force hydraulique; ce dispositif connu permet de la diviser en deux compartiments pouvant recevoir chacun un navire de dimensions ordinaires.

La profondeur d'eau au seuil de l'écluse est de $15^{m},50$ à marée haute et de $7^{m},35$ à marée basse ; en réalité la profondeur est plus grande au centre du seuil qui est courbe, mais il faut compter avec les modèles de navires à base très large.

Les portes de droite donnent, comme je l'ai déjà dit, accès dans un bassin dit n° 3, qui a 200 mètres de long sur 155 mètres de large, et une superficie d'eau de 3 hectares. Le tirant d'eau, au seuil d'entrée et de sortie, n'y est que de $11^{m},70$ à marée haute et de $3^{m},60$ à marée basse; aussi ne peut-on commencer à l'utiliser que deux

heures et demie avant les hautes eaux et doit-on en fermer les portes deux heures et demie après.

Les murs en sont verticaux, et il est spécialement aménagé pour recevoir les bois d'importation.

Les passages qui le ferment ont 25 mètres de large avec des portes de fer mues par la force hydraulique.

Ce bassin et l'écluse *Lady Windsor* débouchent dans le dock n° 1.

Ce dock s'étend vers l'ouest, occupant l'emplacement du chenal qui séparait l'île de la côte.

Il présente une longueur d'un kilomètre et une largeur de 350 mètres ; vers l'ouest, il est divisé en deux bras par un môle d'une longueur moyenne de 418 mètres ; le bras du nord a 155 mètres de large, celui du sud 93 mètres.

On a laissé à la première moitié de ce bassin toute sa largeur, afin que les plus grands navires puissent y manœuvrer à l'aise.

La superficie d'eau est de 36 hectares.

A son extrémité orientale ce dock est en communication, par un passage à caisson roulant, avec le dock n° 2 qui a été creusé vers l'est dans les terres.

Il a plus d'un kilomètre de long et sa largeur varie de 125 à 186 mètres ; la surface d'eau est de 16 hectares.

Plus loin encore à l'est, en communication avec le dock n° 2 s'ouvrent deux bassins pour les bois, d'une superficie de 20 hectares.

Trois cales sèches, dont deux peuvent recevoir chacune quatre grands navires à la fois, complètent ces installations.

En résumé, les docks en eau profonde offrent aux navires 6 kilomètres de quais ; le bassin n° 3 et les bassins à bois 3 kilomètres de quais.

Le chenal a été comblé entre l'île et la côte à l'ouest du dock n° 1. En fait, l'ile de Barry n'est donc plus une île mais une presqu'île. Ce travail a été fait en vue du passage des nombreuses voies qui contournent le port.

On a laissé intact un tronçon de l'ancien chenal à l'ouest de l'île ; il sert, comme autrefois, de refuge aux bateaux de pêche.

L'ensemble du port est complètement entouré d'une ceinture de voies ferrées nombreuses, d'où se détachent des embranchements spéciaux pour le service de chaque appareil mécanique d'embarquement ou de débarquement, ou simplement pour l'abordage des quais.

Ces voies de ceinture et d'abordage ont un développement de 160 kilomètres.

Les quais du nord et du môle sont réservés et outillés pour l'embarquement des charbons.

38 grues hydrauliques, manœuvrant chacune 20 tonnes avec des levées de 12 à 14 mètres, sont disposées le long des quais à des distances variables, les unes fixes, les autres mobiles, de façon à ce que les écoutilles des navires puissent facilement s'y adapter.

Une de ces grues peut charger 500 tonnes en une heure ; 38 grues, marchant ensemble, embarqueraient près de 20 000 tonnes par heure.

A chaque grue sont affectées deux bascules, l'une sur la voie d'arrivée des wagons, l'autre sur la voie de retour, ce qui permet de vérifier les tares sans frais.

Les wagons pleins sont amenés aux grues au moyen de bornes hydrauliques ; vides, ils s'en retournent par la gravité.

Neuf machines à vapeur, de 250 chevaux chacune, divisées en trois stations, produisent la force hydraulique nécessaire au service du port ; quatorze accumulateurs en règlent la distribution.

Partout, aux entrées du port, des docks, le long des quais et des voies de manœuvres, se trouvent des bornes hydrauliques permettant de mettre en mouvement les wagons et les navires.

Les quais sud sont pourvus de 52 grues hydrauliques

ou à vapeur, fixes ou mobiles, dont plusieurs ont une force de 50 tonnes.

Le port est très bien outillé en remorqueurs, bateaux de secours en cas d'incendie, bateaux de service ; il est pourvu de grands ateliers de construction qui permettent de réparer rapidement les navires ; il est puissamment éclairé à l'électricité.

Les installations des quais réservés aux importations ne manquent pas d'importance ; elles comprennent notamment un entrepôt à 3 étages de 150 mètres de long sur 50 mètres de large, muni de grues hydrauliques et de transporteurs mécaniques transversaux ; des magasins spéciaux pour denrées sèches et humides, pour les céréales (avec un élévateur du dernier modèle), une fabrique de glace, des dépôts pour viandes congelées pouvant recevoir 60 000 bêtes.

Le chemin de fer de Barry, qui a un développement total de 310 kilomètres, relie le port aux lignes qui desservent les vallées de la Rhondda, d'Aberdare, de Rhymney, de Merthyr ; le rachat du chemin de fer du Glamorgan par la Compagnie de Barry amène au port les produits des bassins houillers de Llynvi et d'Ogmore.

Des services de voyageurs bien organisés fonctionnent entre Barry et la Rhondda, le Midland, le réseau du Great Western et Cardiff ; il y a entre les deux ports 26 trains de voyageurs par jour, dans les deux sens.

Le versant sud-ouest de l'île, pourvu de superbes plages de sable, a été très intelligemment aménagé par Lord Windsor et devient une station balnéaire en faveur.

Au 31 décembre 1901, toutes ces installations étaient terminées, et le capital qui y avait été affecté s'élevait à £ 5 403 668, soit, au cours de 25,15, à fr. 135 902 250,20.

Les résultats financiers de la Compagnie ont été assez brillants pour permettre, depuis 1889, le paiement de dividendes variant de 8 à 10 %, et cela en accordant à l'in-

dustrie les meilleures facilités de transport et d'embarquement à des prix très modérés.

Un charbonnage du centre du bassin, de Llwynypia, par exemple, paie 10 d. 3/4 de transport par tonne jusques aux quais de Barry, soit à peu près 1 franc pour une distance d'environ 50 kilomètres ; c'est 2 centimes par tonne kilométrique.

Il serait trop long et trop compliqué d'exposer les tarifs appliqués pour le pesage, l'embarquement, l'accostage, etc., mais je puis dire qu'ils sont modérés et, en certains cas, inférieurs à ceux de Cardiff.

Il semble permis de conclure qu'il y a plus d'une leçon à tirer de l'exemple donné par les hommes dont l'œuvre vient d'être décrite.

H. Laporte.

IV

LE PORT DE BEIRA

—

Situation et considérations historiques

Le port de Beira est situé à la côte orientale d'Afrique, par le 20e degré de latitude au sud de l'équateur. Mais c'est en vain qu'on le chercherait dans un atlas ayant plus de quinze ans d'âge : il n'a été appelé à la vie du commerce et de la navigation qu'en 1891 et il n'était alors connu que depuis deux ans. En revanche, on trouverait dans le vieil atlas, à peu près à la même place, l'indication d'un autre port de mer, Sofala, que toutes les cartes géographiques mentionnent depuis le XVIe siècle. Sofala existe toujours, à demi ensablé. C'est un port côtier, tandis que Beira, situé à quelques kilomètres de distance, est un port fluvial formé par l'estuaire du Pungué, et de proportions autrement vastes.

L'activité commerciale est ancienne sur ces rivages de l'océan Indien. Quand l'un des lieutenants de Vasco de Gama débarqua à Sofala en 1489, il y trouva une colonie de marchands arabes qui achetaient de l'or et de l'ivoire aux indigènes de l'intérieur. Beaucoup de ces indigènes venaient du fameux royaume de Monomotapa qui a figuré pendant longtemps aussi sur les cartes de l'Afrique. D'autres colonies de marchands arabes étaient établies et trafiquaient sur les bords du Zambèse, qui n'est qu'à 200 kilomètres au nord-est. Cependant, ni les négociants arabes, ni les Portugais qui prirent leur place et dont le commerce se maintint pendant des siècles, ne connurent l'existence du port superbe qu'avait creusé le Pungué à son embouchure, et c'est en 1889 seulement qu'il fut découvert.

Ce port, tout neuf, allait acquérir tout de suite, par sa

situation géographique, une sérieuse importance et même jouer un rôle dans la politique internationale.

C'était l'époque où des explorateurs anglais partis du Cap étaient parvenus, après avoir côtoyé la République de l'Orange et le Transvaal, jusque dans les territoires des Matabélés et des Mashonas et s'y étaient installés, après avoir conclu des traités avec les souverains indigènes. Cette installation ne tardait pas à être reconnue par la Grande-Bretagne qui, le 29 octobre 1889, accordait une charte d'incorporation à la célèbre Compagnie formée par Cecil Rhodes sous le titre de *British South Africa Limited*, et l'investissait solennellement ainsi de l'administration d'un vaste territoire africain. Or, le pays des Mashonas compris dans ce territoire, est à 300 kilomètres à peine de l'océan Indien, tandis qu'à vol d'oiseau 2300 kilomètres le séparent de la ville du Cap. Le beau port qu'on venait de trouver à l'embouchure du Pungué était donc le port naturel de la Rhodésie, sa porte d'entrée et de sortie sur le vaste océan, l'étape marquée sur la route la plus courte et la plus commode vers les pays civilisés.

Mais le Portugal revendiquait tout le pays que traverse cette route et même une partie du Mashonaland lui-même. On pouvait contester, peut-être, la continuité de son occupation, mais l'ancienneté en était hors de doute. Le conflit qui surgit entre le Portugal et la Grande-Bretagne à ce propos, en même temps qu'au sujet des territoires riverains du lac Nyassa au nord du Zambèse, trouva sa solution dans le traité du 11 juin 1891 qui délimita les champs d'action des deux puissances. Le port du Pungué et une bande de 250 kilomètres de large à l'ouest furent laissés au Portugal, mais l'une des clauses du traité l'obligeait à outiller le port nouveau et à le réunir par un chemin de fer à la frontière de la Rhodésie.

Pour administrer le territoire compris entre le Zambèse et le 22° parallèle sud, l'océan Indien et la frontière des

Mashonas, et pour remplir les obligations que lui imposait le traité de 1891, le Portugal eut recours au moyen que l'Angleterre avait employé pour coloniser la Rhodésie ; il provoqua la formation d'une compagnie à charte qui porte le nom de Compagnie de Mozambique. C'est donc celle-ci qui est actuellement souveraine du port de Beira.

Description du port

Comme le dit très justement Douglas Owen dans son beau petit livre *Ports and Docks*, c'est le port qui crée la navigation et non la navigation qui crée le port. Cette remarque s'est vérifiée pour le port de Beira qui, après quinze années d'existence à peine, est fréquenté par tous les grands steamers qui naviguent le long de la côte orientale africaine.

Qu'on imagine un fleuve possédant à son embouchure une largeur de plus de 4 kilomètres, et, sur un quart environ de cette largeur, un mouillage qui garde aux plus basses marées une profondeur de 26 pieds d'eau, assez près de la mer pour que, du large, on puisse y parvenir en moins d'une heure, assez loin pour que les vaisseaux à l'ancre s'y trouvent à l'abri le plus sûr. C'est là le port de Beira. Il est bordé de rives basses constituées par des argiles grasses ou des sables, les deux alternant fréquemment en profondeur. Le Pungué coule, en cet endroit, du nord au sud ; la rive occidentale, couverte de hautes herbes, est inhabitée ; sur la rive orientale, qui est la rive gauche, on remarque un groupe allongé d'habitations à l'aspect encore sommaire et quelques bouquets d'arbres bas. C'est la ville de Beira. N'était le port, personne n'aurait pensé à bâtir une ville en ce lieu, tant il est dépourvu de charme. Mais la nature n'avait laissé que la ville à faire ; elle a créé le port et elle l'entretient toute seule.

Les phénomènes qui agissent dans cette partie du fleuve et dont le concours assure le maintien des profondeurs, ne sont pas complètement connus, bien qu'on les ait étudiés déjà. Toutefois, l'amplitude des marées, qui va de 12 pieds aux quadratures jusqu'à 20 pieds aux syzygies, l'élargissement du lit du fleuve à 5 kilomètres en amont de son embouchure et l'existence d'un petit affluent du Pungué, le Chiveve, qui débouche entre ces grandes largeurs et l'Océan, y paraissent jouer un rôle important. Le Chiveve ne contient par lui-même qu'un filet d'eau, mais, à chaque marée, le flot vient remplir son lit et le transforme en une puissante rivière dont les eaux s'écoulent avec rapidité au moment du jusant. Ces eaux, s'ajoutant aux eaux supérieures emmagasinées dans le Pungué élargi, produisent une action de chasse qui empêche probablement le dépôt des sables et des boues.

La ville de Beira est bâtie entre le Pungué, le Chiveve et l'Océan. L'embouchure du Chiveve dans le Pungué forme une sorte d'avant-port où s'effectuent le débarquement et l'embarquement des marchandises. Le Chiveve contourne la ville et fournit l'indication d'une suite de docks à aménager, de sorte que la cité est, peut-on dire, toute en rivages.

Communications avec l'intérieur et l'extérieur

Quelque avantageuses que soient les conditions d'un port maritime, il faut encore, pour que la navigation l'utilise, qu'il soit placé à l'entrée ou à proximité de milieux habités dont la population ait besoin d'exporter des produits et d'en faire venir du dehors. Il faut donc que le port ait des communications commodes avec ces milieux et il peut les avoir de deux manières : par l'intérieur et par l'extérieur. Les grands ports possèdent fréquemment ce double système de communications. Ils sont reliés à leur *hinter-*

land par des voies terrestres naturelles, telles que des fleuves et des rivières, ou artificielles, comme des canaux, des routes et des chemins de fer. Et ils ont des liaisons par voie de mer avec d'autres ports côtiers de dimensions trop faibles pour admettre les grands steamers océaniques et pour lesquels ils servent de dépôts et de centres de distribution.

Le port de Beira se trouve précisément dans ces conditions. Il forme l'aboutissement et le point de départ de plusieurs routes continentales, et il est le centre de la navigation côtière entre le Zambèse au nord et la ville d'Inhambane au sud.

Le Pungué lui-même constitue une voie de pénétration vers l'intérieur. Il reste navigable pour des embarcations fluviales sur une distance de 55 kilomètres. Et il possède, dans un fleuve tout voisin, le Buzi, une sorte de frère jumeau. Le Buzi, en effet, vient se jeter dans l'océan Indien au point précis où le Pungué lui-même y amène ses eaux, un peu en aval de Beira. Et comme l'estuaire du Buzi n'a pas une profondeur suffisante pour admettre des navires de mer, bien que la marée y pénètre comme dans le Pungué et le rende navigable sur une vingtaine de kilomètres pour de petits steamers à quille, c'est, en fin de compte, Beira qui commande la navigation fluviale du Buzi comme celle du Pungué.

Ces deux voies fluviales n'assureraient pas pourtant à elles seules un rayonnement bien considérable au commerce terrestre du port de Beira, la partie navigable de leurs cours n'ayant qu'une faible étendue. Après une plaine basse d'une largeur de 100 kilomètres au maximum à partir du littoral, le sol se relève rapidement vers l'ouest et, à 250 kilomètres à l'intérieur, il atteint, dans un pays très accidenté, des altitudes variant de 1200 à 2000 mètres. Inutile de dire que dans cette région le Pungué et le Buzi ne sont plus utilisables pour les transports.

Aussi peut-on affirmer que c'est le chemin de fer

imposé par l'article XIV du traité anglo-lusitanien du 11 juin 1891 qui a été l'instrument principal du développement commercial de Beira dans la direction de l'ouest. Le Portugal qui avait assumé l'obligation de le construire, transmit cette obligation à la Compagnie de Mozambique en lui confiant l'administration de son territoire, et celle-ci à son tour, concéda la construction et l'exploitation du chemin de fer à un particulier, à charge de former une compagnie pour réaliser cette entreprise. Aucun concours financier, aucune garantie d'intérêt ne fut accordée au concessionnaire. Il obtint pour tout avantage, avec des lots de terrains contigus à la ligne, terrains auxquels la construction du chemin de fer lui-même pouvait donner de la valeur, mais qui, à l'époque de la concession, n'en possédaient pratiquement aucune, il obtint, dis-je, le produit du droit de transit de 3 °/₀ *ad valorem* sur toutes les marchandises à destination de l'*hinterland*, que le traité du 11 juin 1891 avait autorisé le Portugal à percevoir.

Le trafic vers la Rhodésie, comme le mouvement commercial propre du territoire portugais que devait traverser la voie ferrée, était insignifiant à cette époque. Il était donc impossible de compter sur des transports suffisants pendant les premières années, et naturellement, le rendement du droit de transit devait être également très faible. Telle était pourtant la confiance de l'Angleterre dans le développement économique de la Rhodésie et dans l'excellence du port de Beira, que la Compagnie finit par y trouver les capitaux qui lui étaient nécessaires, et elle se mit immédiatement à l'œuvre.

Elle imagina, d'abord, de construire une voie ferrée à écartement de 60 centimètres, en la faisant partir de Fontesvilla, sur le Pungué, qui est le point où la navigation du fleuve commence à devenir moins facile. Les auteurs de ce plan ne pensaient évidemment pas que les bâtiments de mer pussent jamais remonter jusqu'à Fontes-

villa, mais ils avaient hâte d'établir des communications rapides avec la frontière et ils se figuraient sans doute que, pendant longtemps, on pourrait se borner à transborder les marchandises, à Beira, des grands steamers sur des allèges qu'on remorquerait par le Pungué jusqu'au terminus du railway. La ligne fut donc établie primitivement dans ces conditions.

Mais le trafic se développa assez rapidement pour rendre cette solution insuffisante. Elle était d'ailleurs défectueuse aussi au point de vue du coût des transports. Une nouvelle compagnie, qui s'appela *Beira junction railway C°*, fut constituée pour relier par rail Beira et son port avec le terminus de Fontesvilla. L'établissement de la voie nouvelle était réalisé dès le mois d'octobre 1896.

Il est évident que cette ligne de pénétration, destinée à desservir toute la Rhodésie, ne pouvait s'arrêter à la frontière. Elle fut poussée jusqu'à la ville de Salisbury, à 390 kilomètres à l'intérieur, par une autre Compagnie fondée en 1897. Dans la pensée des fondateurs de la Rhodésie, Salisbury était appelée à remplir un rôle prépondérant dans les destinées de la nouvelle colonie britannique : la fameuse ligne du Cap au Caire imaginée par Cecil Rhodes devait y passer. Plus tard, des motifs techniques firent abandonner ce projet et, je crois bien, aussi des raisons administratives et politiques. Comme on le sait, ce grand chemin de fer qu'on est occupé à construire, prend beaucoup plus à l'ouest. De Buluwayo, au lieu de se diriger vers Salisbury, il oblique, en traversant la région houillère de Wankie, vers les chutes Victoria et franchit le Zambèse aux chutes mêmes pour revenir vers l'est ; puis, il se rapproche graduellement de la frontière de l'État indépendant du Congo et frôle presque la pointe sud-orientale du Katanga.

La modification introduite dans le projet primitif ne faisait pas l'affaire des gens de Salisbury qui obtinrent, à force de réclamations, d'être reliés à Buluwayo. Cette

nouvelle ligne fut ouverte au trafic le 1er janvier 1902. Elle met Salisbury et par conséquent aussi le port de Beira en communication avec toute la Rhodésie, du nord au sud, de l'est à l'ouest, et avec tout le réseau sud-africain, en sorte que, de Beira, on peut aujourd'hui se rendre au Cap par chemin de fer. L'écartement normal des voies ferrées de l'Afrique australe étant de 3 1/2 pieds anglais (1m066), il avait fallu, dès 1899, reconstruire entièrement la ligne de Beira à la frontière sur ce type, en prévision de ce reliement.

Ainsi, un ensemble de travaux qu'on a mis moins de onze ans à réaliser, a fait, d'un port inconnu en 1889, une place d'une importance capitale et ajouté à son aire naturelle de trafic tous les territoires compris entre le 22e parallèle sud, le Limpopo et le Zambèse moyen.

Mais le domaine commercial de Beira est plus considérable que cela. Comme nous allons le voir, il embrasse des portions bien plus vastes du continent africain.

Le Zambèse, nous l'avons dit, n'est qu'à 200 kilomètres environ au nord-est de Beira. Ce grand fleuve, l'un des plus puissants de l'Afrique, n'a pas formé de bon port à son embouchure. La bouche d'Inhamissengo par laquelle Livingstone avait encore pu faire passer son steamer, le *Ma-Robert*, en 1859, est impraticable aujourd'hui. Le port de Quélimane, 120 kilomètres plus loin, et très anciennement fréquenté, n'a pas de communication fluviale régulière avec le fleuve. Il est d'ailleurs plus difficilement accessible et d'une profondeur beaucoup moindre que le port de Beira. En 1889, un explorateur anglais, D. J. Rankin, a trouvé un chenal d'une certaine profondeur entre le lit principal du fleuve et l'océan. Le port de Chindé, depuis lors utilisé pour tout le trafic du Zambèse et de la région des Grands Lacs, est situé sur ce chenal. Mais il ne peut recevoir que des bateaux de 600 à 800 tonnes au maximum, et sa barre est très difficile à franchir. Il résulte de tout ceci que la tête de tout

le commerce du Zambèse et des pays desservis par la voie du Zambèse se trouve à Beira. Les grands steamers y amènent des cargaisons qui y sont transbordées sur les vapeurs à destination de Chindé. Les marchandises, déchargées à Chindé sur les sternwheelers à fond plat ou sur des allèges, remontent le fleuve jusqu'à Tête, à 400 kilomètres, ou, et plus souvent, prennent la route du Shiré, affluent du Zambèse, pour être distribuées dans les territoires de la *British Central Africa*, ou bien encore, cheminant sur le lac Nyassa du sud au nord, vont aboutir dans les territoires de l'Est-Africain allemand et dans ceux de l'État Indépendant du Congo, baignés par le lac Tanganika. C'est donc jusque là, vers le nord, que rayonne le trafic de Beira, grâce à ses communications maritimes immédiates et aux communications fluviales qui en sont le prolongement. Du Tanganika au Limpopo, il y a 1500 kilomètres environ : c'est la base d'un triangle dont Beira forme le sommet. De par sa situation géographique, par droit de naissance, peut-on dire, le commerce de tout le morceau de continent africain compris dans ce triangle lui appartient, lui vient déjà ou lui reviendra certainement.

Installations et outillage

Les navires qui arrivent du large ont le choix entre deux *chenaux d'accès* pour pénétrer dans le port de Beira. Le plus long est celui qui fut découvert le premier et le seul utilisé par la navigation jusqu'en 1900. Il est parfaitement repéré et marqué de sept bouées depuis son origine en pleine mer jusqu'au mouillage dans le Pungué. Les règles à suivre pour diriger les bâtiments dans ce chenal ont été publiées dans le BULLETIN DE LA COMPAGNIE DE MOZAMBIQUE et dans le DIARIO DO GOVERVO portugais. Il n'y a aucune difficulté à les observer, en tenant compte,

bien entendu, de la correction à faire en temps de houle. La Compagnie de Mozambique a, d'ailleurs, organisé un service de pilotage qui fonctionne régulièrement, et installé un phare à feu tournant, visible à quinze milles au large, pour bien marquer l'entrée du port.

La découverte du second chenal d'accès est due à l'équipage d'un croiseur anglais, le *Rambler*, qui fut envoyé à Beira en 1900 pour surveiller le débarquement des troupes coloniales appelées à faire campagne en Rhodésie lors de la guerre du Transvaal. Les officiers du croiseur, peu absorbés par leur mission militaire, imaginèrent de faire l'hydrographie du fleuve et trouvèrent ainsi un autre chenal d'accès que celui qui était ordinairement pratiqué. Ce second chenal, qui offre l'avantage d'abréger le trajet, a été, depuis, convenablement balisé, et la navigation l'emploie régulièrement. Il porte le nom de chenal du *Rambler*.

Comme la plupart des grands ports de la côte orientale africaine, le port de Beira possède des installations sommaires et un outillage peu compliqué. Il n'y existe ni quais d'accostage, ni pier accessible aux grands steamers, ni bassins, ni docks. Le déchargement ou le chargement des marchandises s'opère au mouillage ; tous les bâtiments qui fréquentent la côte orientale sont, d'ailleurs, munis des appareils de levage nécessaires pour la manutention. Dès que le vaisseau a jeté l'ancre, des allèges conduites par des remorqueurs viennent se ranger le long de ses flancs et les opérations commencent. Les allèges chargées, si la marée est haute, les remorqueurs les amènent au pied de la douane de Beira. Là, des grues à vapeur sont installées et les marchandises, prises des chalands, sont mises à quai. L'opération doit nécessairement se faire à marée haute ; le pied du quai émerge à marée basse. Mais les passagers peuvent accoster à Beira en tout temps, grâce à une rampe d'accès construite il y a peu de temps en matériaux durables. Pendant de longues

années, le quai de la douane fut un ouvrage de charpente en bois, que les ravages des tarets obligeaient à reconstruire périodiquement. Il y a quatre ans, on l'a remplacé par un solide mur en béton, non sans difficulté, à raison du fond vaseux rencontré en cet endroit où le Chiveve débouche dans le Pungué.

Le service des allèges et du remorquage est entrepris par des particuliers. Le quai de la douane et les installations de chargement et de déchargement ont été réalisés par les soins et aux frais de la Compagnie de Mozambique. Cependant, la Compagnie du chemin de fer de Beira vers la Rhodésie, qui possède un vaste morceau de la rive gauche du Pungué en amont de Beira, y a fait établir un pier en charpente métallique, muni de grues également. Cet ouvrage est utilisé pour les exportations de produits de la Rhodésie, qu'on évite ainsi de faire passer par les installations ordinaires de la douane.

Les opérations de déchargement et de mise à quai des marchandises ne laissent pas d'être assez coûteuses dans les conditions où se trouve aujourd'hui le port de Beira. Elles reviennent à onze shellings la tonne, tandis qu'à Durban — pour prendre un point de comparaison dans les mêmes parages — où les mêmes opérations présentaient jadis de grandes difficultés, on est parvenu, grâce à des installations convenables, à en réduire le coût à trois shellings environ. Aussi n'est-il point surprenant que, depuis un certain temps déjà, on ait pensé à doter le port de Beira d'aménagements propres à accélérer les manutentions et à en diminuer la dépense. Un plan étudié par un ingénieur portugais comporte la transformation du cours inférieur du Chiveve en deux bassins fermés par des écluses de manière à en faire des docks conservant en tout temps la même hauteur d'eau. Les murs de quai de ces deux bassins seraient munis de grues, de voies ferrées et de hangars. Mais ces travaux ne peuvent s'effectuer sans grandes dépenses. Il se trouve, en effet, à une cer-

taine profondeur dans le sol de Beira, des dépôts lenticulaires d'une argile très grasse nommée *matope* dans le pays, qui donne de grandes difficultés et souvent des mécomptes dans la construction des ouvrages maritimes. Il y a quelques années, une compagnie française, considérant l'énorme augmentation de valeur qu'avaient subie les terrains de la ville, imagina d'en assécher quelques hectares bien situés qui étaient inondés à chaque marée par le flot remontant le Chiveve. Un mur de quai en blocs de béton fut bâti et remblayé par derrière avec des produits de dragage. A peine était-il achevé, et au moment même où la vente des terrains ainsi conquis allait pouvoir rémunérer l'entreprise, que des signes d'ébranlement se manifestaient en un point de la muraille. C'étaient les assises inférieures qui avaient glissé sur un banc d'argile grasse.

Toujours est-il que la Compagnie à charte de Mozambique, qui administre ce territoire et dont les ressources exigent une gestion économe, a reculé jusqu'à présent devant ces travaux considérables et quelque peu dangereux. Il est vrai de dire qu'elle a consacré déjà une partie de son capital à protéger la ville de Beira contre l'invasion périodique des eaux aux marées d'équinoxe. Comme une cité flamande ou hollandaise, Beira est bâtie sur une plage basse qui se trouve à peine au-dessus du niveau des marées les plus hautes. Il en résulte que si la forte marée coïncide avec un vent du sud-est, et, à plus forte raison, si de grosses pluies ont à ce moment gonflé le Pungué, l'onde de marée, renforcée, submerge entièrement la ville. Les grands dégâts ainsi causés aux marchandises emmagasinées dans Beira, tout de suite après sa fondation, imposèrent, comme premier travail à effectuer, la construction d'une muraille de défense. Cet ouvrage qui a été réalisé, fait apparaître la cité, vue du fleuve, comme une forteresse, si la marée est basse, parce qu'alors le pied de la muraille émerge avec la plage sur laquelle elle est fondée.

Depuis quelque temps, il est question d'un autre projet

que celui de l'utilisation du Chiveve. On a constaté, en amont de la ville bâtie et à proximité de la gare du chemin de fer vers la Rhodésie, que le fleuve garde de grandes profondeurs jusque tout près du bord, et cela sur deux ou trois kilomètres de longueur. L'idée d'y construire un ouvrage accostable et muni des appareils de chargement et de déchargement nécessaires, a pris naissance et a des chances de se réaliser. L'exécution de ce travail diminuerait notablement, paraît-il, les dépenses de manutention des marchandises et en faciliterait l'expédition par voie de terre. Ceci présente de l'importance pour le port de Beira, non point seulement en thèse générale, mais encore, comme nous le verrons, à raison de circonstances spéciales qui exposent ce port à la concurrence très sérieuse d'autres ports de l'Afrique australe.

Direction et importance des courants commerciaux à Beira

Cette réflexion nous amène tout naturellement à évaluer en chiffres le volume des courants commerciaux qui passent par le port de Beira. Voyons, d'abord, le mouvement maritime total. Nous trouvons dans les statistiques de la douane de la Compagnie de Mozambique, qui sont soigneusement faites, les indications suivantes pour l'année 1904 :

à l'entrée. . . .	545 447 tonnes
à la sortie . . .	543 563 —

Et nous ferons immédiatement apprécier l'importance et la rapidité du développement commercial de Beira en constatant qu'en 1895, les chiffres correspondants étaient :

à l'entrée. . . .	161 969 tonnes
à la sortie . . .	160 032 —

et mieux encore en nous souvenant qu'en 1890 le mouvement était nul.

Mais voici un autre point de comparaison qui frappera davantage, puisqu'il est pris en Europe et qu'il s'agit d'un port très ancien et très connu. Le mouvement maritime d'Anvers était en 1860, il y a moins de cinquante ans :

à l'entrée. . . .	512 017 tonnes
à la sortie . . .	531 217 —

Ainsi, le tonnage total à Beira dépasse déjà aujourd'hui le tonnage enregistré à Anvers en 1860.

Il ne faut évidemment pas en tirer des conclusions exagérées. Depuis 1860, une véritable révolution s'est opérée dans la navigation : les navires à vapeur se sont de plus en plus substitués aux navires à voile et leur capacité a été sans cesse en augmentant. Les statistiques mêmes que nous employons en apportent un témoignage frappant : les chiffres du tonnage d'Anvers qui viennent d'être mentionnés, correspondaient :

à l'entrée, à	2311 navires
à la sortie, à	2410 —

tandis que ceux du tonnage de Beira en 1904 répondent :

à l'entrée, à	366 navires
à la sortie, à	367 —

Il est vraisemblable aussi que le tonnage indiqué par la statistique pour Anvers se rapprochait davantage du mouvement commercial de la place, c'est-à-dire qu'une quantité de marchandises proportionnellement beaucoup plus grande y avait été mise à quai ou chargée à bord des bâtiments de mer, qu'à Beira en 1904.

Mais, ces réserves faites, le rapprochement des deux chiffres ne laisse pas d'être intéressant et suggestif.

La navigation à vapeur prend à Beira une prépondé-

rance écrasante sur la navigation à voiles. Des 366 navires entrés, 347 sont des vapeurs et 19 des voiliers, et des 367 navires sortis, 346 sont des vapeurs et 21 des voiliers.

Si l'on classe les navires et le tonnage correspondant suivant les provenances ou les destinations, on aboutit à une autre constatation instructive. Faisons, par exemple, ce classement à l'entrée : nous trouvons 85 vaisseaux venant des ports d'Europe, et 230 venant des ports d'Afrique. Or, les 85 bâtiments venus des ports d'Europe ont un tonnage total de 217 698 tonnes, ce qui correspond à une moyenne de 2561 tonnes par navire, et les 230 bâtiments venus des ports d'Afrique, un tonnage total de 266 054 tonnes, ce qui fournit une moyenne de 1157 tonnes seulement par navire.

La fonction économique du port de Beira est mise en évidence par l'opposition des deux chiffres. Ils font apparaître clairement ce fait que le port de Beira communique directement pour ses approvisionnements ou ses expéditions avec les grandes places maritimes du monde, celles que la profondeur des eaux permet aux plus grands navires de fréquenter, et cet autre fait que le même port joue à la côte orientale d'Afrique le rôle d'un centre de distribution, en même temps que d'un centre d'attraction pour les ports côtiers et fluviaux voisins, accessibles seulement aux navires d'un plus faible tirant d'eau.

Le mouvement commercial total du territoire de la Compagnie de Mozambique s'est élevé, en chiffres ronds, à 38 millions de francs pendant l'année 1904. Bien qu'il y ait d'autres postes de douane que celui de Beira, et notamment sur le Zambèse, il est certain que presque toutes les marchandises comprises dans ce chiffre global ont passé par Beira, de sorte que pour éviter les doubles emplois, il vaut mieux prendre pour total du mouvement commercial du territoire le chiffre de Beira même, qui est de 35 millions de francs environ.

Ce mouvement comporte des importations, des expor-

tations, des réexportations, des transbordements, du transit et du cabotage, et il faut, pour analyser les chiffres avec exactitude, savoir en quoi consiste chacune de ces opérations.

La statistique comprend sous le nom d'*importations* toutes les marchandises entrées dans le port et déclarées en consommation. Mais ceci ne veut pas dire qu'elles soient réellement consommées dans le territoire. Une partie notable de ces marchandises, parmi celles qui ne payent point de droits, sont destinées à être expédiées en dehors du territoire de la Compagnie de Mozambique, vers la Rhodésie surtout.

Ces sorties de marchandises nationalisées qui sont, en réalité, des expéditions vers l'intérieur du continent, figurent donc à leur tour dans la statistique des *exportations*, en même temps que les exportations des produits du territoire qui se font par voie de mer.

Sous le nom de *réexportations*, le tableau du commerce de la Compagnie comprend exclusivement des envois de produits de la Rhodésie qui ne font que transiter par le territoire pour être expédiés par voie de mer à Beira; et sous le nom de *transit* les marchandises qui, circulant en sens inverse, ont été débarquées à Beira et sans arrêt, ni entreposage, sont expédiées directement vers la Rhodésie.

Le *cabotage* embrasse les opérations qui se font par voie de mer avec les autres ports du territoire de la Compagnie et particulièrement avec les ports de Sofala, Chiloane et celui de Bartholomeu Dias qui, bien situé et possédant une certaine profondeur, paraît appelé aussi à quelque avenir au point de vue du commerce local.

Enfin, sous la désignation de *transbordements*, la statistique comprend les grandes opérations de distribution et de concentration par voie de mer pratiquées avec des ports étrangers, et tout particulièrement les déchargements et rechargements en rade des marchandises desti-

nées à la région du Zambèse, et de celles qui, en provenant, sont transbordées sur des steamers en partance pour l'Europe.

Ceci posé, et à la lumière des chiffres, on voit se dessiner à Beira, en dehors du trafic du territoire, deux grands courants commerciaux, l'un vers le Zambèse, l'autre vers la Rhodésie.

Le premier, compris dans la rubrique *transbordements*, s'accuse par un chiffre d'affaires d'environ 13 millions de francs et correspond à un mouvement de 23 000 tonnes de marchandises. Ce mouvement, en 1904, s'est partagé presque également entre les expéditions de Beira vers le Zambèse et celles du Zambèse vers Beira : en chiffres ronds, il y a eu pour 5 800 000 de francs de marchandises transbordées à Beira sur navires à destination de Chindé et pour 7 000 000 de marchandises venant du Zambèse et transbordées à Beira sur de grands steamers nolisés pour l'Europe.

Le courant vers la Rhodésie comporte plus d'importations et moins d'exportations. La valeur des marchandises expédiées en *transit* s'élève à près de 9 millions de francs, auxquels il faut ajouter environ 2 millions de francs de marchandises déclarées en consommation et réexportées vers l'intérieur du continent par le railway. Les réexportations, c'est-à-dire les expéditions de produits et de marchandises de la Rhodésie vers Beira, en vue de la mise à bord sur navires frétés pour l'Europe, forment un total d'un peu plus de 3 millions de francs. L'ensemble du trafic de Beira avec la Rhodésie se monte par conséquent à 14 millions de francs environ, et il comporte 25 000 tonnes dans le sens de la pénétration et un peu plus de 2000 tonnes à la sortie.

Enfin, on peut fixer à 4 1/2 millions de francs les importations propres et à 2 1/4 millions de francs les exportations propres du territoire de la Compagnie de Mozambique. Tels sont, en y ajoutant le cabotage, les

éléments du chiffre de 35 millions qui représente le mouvement global du port de Beira en 1904.

Les indications que nous venons de donner ne sont pas les plus élevées qui eussent pu être fournies. Le mouvement commercial de Beira apparaît plus considérable dans les statistiques en 1901, en 1902 et en 1903. Une des causes de la décroissance en 1904 réside dans la diminution des envois de matériel à destination des Victoria falls, où l'on a construit un grand pont de chemin de fer, et de l'entreprise de construction de la ligne du Cap au Caire. Mais ce sont là de ces à-coups qui se produisent dans les pays neufs, et à côté du déficit que nous mentionnons, nous pouvons signaler l'augmentation régulièrement croissante du trafic par mer avec la région du Zambèse et un accroissement, sensible aussi et très encourageant, des produits propres des territoires que dessert le port de Beira.

A leurs débuts, les colonies ont besoin de s'outiller en hommes et en choses, et, nécessairement, les besoins y dépassent de beaucoup les produits. Elles importent donc infiniment plus qu'elles ne peuvent exporter. L'accroissement des exportations est l'heureux symptôme d'une tendance de la colonie à l'équilibre et de sa capacité progressive à se suffire à elle-même.

La guerre des tarifs de chemins de fer dans l'Afrique du Sud

Un facteur qui a exercé, et d'une manière permanente cette fois, une influence déprimante sur le trafic de Beira vers l'hinterland de la Rhodésie, c'est l'élévation des tarifs de transport sur son chemin de fer de pénétration.

Le monopole de fait dont jouit la ligne de Beira-Salisbury est évidemment l'une des causes de cette cherté des frets. Mais il est juste de reconnaître que la Compagnie

du chemin de fer a de lourdes charges à supporter. Comme nous l'avons vu, la voie ferrée a été établie par tronçons successifs et, pour se procurer les ressources nécessaires, il a fallu procéder par émission d'obligations qui parfois ne se sont pas négociées sans quelque sacrifice. Le capital à rémunérer pèse, par conséquent, d'un poids passablement lourd sur l'entreprise.

La construction elle-même a présenté de grandes difficultés ; on a rencontré en amont de Fontesvilla des plaines que le Pungué inonde périodiquement depuis des siècles et où le terrain, très marécageux, s'enfonce sous la moindre pression. Ailleurs, les premiers ouvrages d'art établis ont été enlevés par les eaux torrentielles qu'amassent en certains points les brusques et fortes pluies de décembre et de janvier, et il a fallu les remplacer par d'autres ouvrages plus solides et d'un débit plus considérable. Dans la partie accidentée du pays qui commence après le 100e kilomètre, et surtout dans celle qui approche de la région des gisements aurifères de Manicas, le tracé a dû être sensiblement allongé pour éviter des rampes trop fortes, et encore ne s'est-on pas montré bien difficile sous ce rapport.

Enfin, *last not least*, à peine la ligne avait-elle atteint la frontière, qu'il fallait recommencer tout le travail pour la mettre à la largeur de 3 1/2 pieds, et, de nouveau, une somme très importante, obtenue par l'émission d'obligations, devait être affectée à cet élargissement.

Il résulte de tout cela, que le coût kilométrique de la ligne est relativement élevé. Et comme les transports ne sont pas encore bien abondants, qu'il faut, néanmoins, entretenir les 350 kilomètres de la ligne comme s'ils l'étaient, et que les frais d'exploitation se ressentent du profil accidenté qu'il a fallu suivre, il n'est pas surprenant que la Compagnie ait la tendance à maintenir ses tarifs le plus haut possible.

La Compagnie de Mozambique n'est pas entièrement

désarmée contre cette tendance. Quand elle accorda la concession du chemin de fer en 1891, elle stipula que les tarifs ne pourraient pas être supérieurs à ceux des lignes du Cap. Mais cette stipulation ne concerne et ne pouvait concerner que la partie de la ligne située sur son territoire, et l'intérêt du port de Beira est de voir le prix des transports s'abaisser aussi sur le prolongement de cette ligne à travers la Rhodésie. D'autre part, exiger l'application rigoureuse des tarifs du Cap, c'eût été, peut-être, obliger la Compagnie du chemin de fer à liquider.

Depuis quelques mois pourtant, des concessions importantes ont été obtenues. Elles sont dues moins à l'existence de la clause relative aux tarifs insérée dans la convention de 1891, qu'à la concurrence qu'ont fait surgir les lignes du Cap en vue de l'absorption du trafic de la Rhodésie.

En effet, les gouvernements de la colonie du Cap et du Natal ont repris la politique de Cécil Rhodes qui, tout en cherchant un débouché pour la Rhodésie à l'est, voulait cependant y rendre prépondérante l'influence des colonies britanniques de l'Afrique du Sud. Dominé par cette pensée maîtresse, Rhodes avait fini par obtenir, malgré une vive résistance, le prolongement des voies ferrées du Cap le long des frontières de la République de l'Orange et du Transvaal, d'abord jusqu'à Kimberley, ensuite jusqu'à Vryburg, en territoire bien anglais, de manière à relier directement la Rhodésie à Cape-Town. Puis, obéissant toujours à la même pensée, il avait provoqué la formation d'une compagnie qui poussa, par étapes successives, le rail de Vryburg à Mafeking, de Mafeking à Bulawayo, pour finir par relier aussi Bulawayo à Salisbury.

Or, la guerre du Transvaal terminée, le gouvernement du Cap, qui possède son réseau ferré, reprit l'exploitation des lignes appartenant à la Compagnie des *Rhodesian railways* au nord de Vryburg, et, tout de suite, conti-

nuant la politique de Rhodes, il y appliqua des tarifs très réduits. Des arrangements furent pris avec le gouvernement du Natal dans le même sens. Il en résulte que le port de Beira se trouva tout à coup, dans son hinterland même, en présence d'une concurrence inattendue des grands ports de l'Afrique australe : Cape-Town, East-London et Port-Élisabeth.

Pendant plusieurs années, on a pu lire, dans les journaux et sur les couvertures des revues anglaises, des annonces relatives aux prix de transport d'Angleterre ou du continent d'Europe à Bulawayo par différentes voies, et de toutes, la plus coûteuse était celle de Beira. Or, la distance par rail de Beira à Bulawayo est de 676 milles anglais seulement, tandis que de Port-Élisabeth à Bulawayo elle est de 1198 milles anglais, de East-London 1258 milles et de Cape-Town 1360 milles.

Ainsi, bien que la distance de Cape-Town à Bulawayo soit le double de celle de Beira à la même ville, l'abaissement des tarifs sur les lignes exploitées par le gouvernement du Cap permettait d'y amener marchandises et voyageurs à des prix plus réduits que par Beira. A Salisbury même, qui n'est qu'à 384 milles de Beira, les ports et les chemins de fer du Sud-Afrique concurrençaient encore le port de la Compagnie de Mozambique.

On peut conjecturer qu'à ce jeu-là, le gouvernement du Cap ne faisait pas de très brillantes affaires, mais le chemin de fer de Beira-Salisbury et le port de Beira ne s'en portaient pas mieux. Aussi bien la Compagnie du chemin de fer a-t-elle dû se rendre aux représentations de la Compagnie de Mozambique, aux réclamations des habitants du Mashonaland et à l'évidence du dommage qu'allait lui causer la prolongation de cet état de choses. Elle a baissé ses tarifs, non pas encore autant qu'il eût été souhaitable pour Beira, mais de manière sensible pourtant. Il existe encore quelques catégories de marchandises qu'il est plus avantageux d'expédier par le sud que par

Beira, mais c'est à raison, surtout, de l'incidence du droit de transit 3 °/₀, perçu *ad valorem*.

Je disais au début de ce rapport, avec Douglas Owen, que c'est le port qui crée la navigation et non la navigation qui fait le port. Il faudrait ajouter que ce n'est pas seulement le port qui fomente le mouvement maritime, mais aussi les facilités et le bon marché des communications avec l'intérieur du pays. Un chemin de fer dont la construction a été coûteuse et qui doit nécessairement transporter à prix élevé pour rémunérer son capital, est un auxiliaire d'une efficacité réduite pour un port de mer. A ce point de vue, il est peut-être regrettable que la construction du chemin de fer de Beira vers la Rhodésie ait été réalisée avec quelque précipitation et que l'on n'ait point décidé tout de suite de lui donner la largeur normale des voies ferrées de l'Afrique australe. Mais ce sont là — je me hâte de le déclarer — des critiques qu'il est facile de formuler après que les événements ont parlé. Ceux qui eurent à exécuter cette entreprise, connaissaient le marché financier et savaient l'effort qu'on pouvait lui demander à ce moment. Il ne faut pas oublier que si la Rhodésie retire, à l'heure qu'il est, plus de 30 millions de francs annuellement de ses mines d'or, elle ne produisait rien en 1891 et qu'en l'absence d'un trafic certain, il est toujours très difficile de recueillir des capitaux pour l'établissement d'une voie ferrée.

Quant au courant commercial qui de Beira se dirige vers le Zambèse, et du Zambèse revient vers Beira, on peut dire qu'il est entièrement dû à la liberté de la navigation proclamée dans le traité de 1891 et à l'esprit d'entreprise. Le Zambèse, qui ne fut utilisé comme voie de communication régulière qu'après 1891 et qui ne possédait encore en 1895 qu'une flottille insignifiante, porte aujourd'hui 26 petits steamers et 123 autres embarcations qui naviguent sans relâche sur ses eaux. Le progrès, dans cette direction, est d'autant plus remar-

quable, que le Zambèse subit de grandes fluctuations de niveau et qu'il ne garde la profondeur nécessaire aux steamers à fond plat qui le parcourent que pendant sept à huit mois de l'année. Outre cela, le fleuve est capricieux et modifie sans cesse la forme de son lit, de sorte que les échouages y sont assez fréquents. Enfin, comme nous l'avons dit, le port de Chinde, qui lui sert d'entrée, est d'un accès difficile, et le débarquement ainsi que l'embarquement des marchandises y souffrent de sérieux inconvénients. L'ensemble de ces conditions se traduit naturellement par l'élévation du coût des transports.

Il n'est pas surprenant que l'on ait cherché, de ce côté aussi, à améliorer l'état des voies de communication et le coût des frets. L'un des projets imaginés est déjà en voie de réalisation.

Pour pénétrer dans le territoire de la *British Central Africa*, les marchandises remontent sur steamers le Chiré, rivière qui se jette dans le Zambèse, à 150 kilomètres en amont de son embouchure; mais le Chiré cessant rapidement d'être navigable, il faut ensuite les transporter à dos d'hommes jusqu'à Blantyre et au lac Nyassa. Ce portage est à la veille de disparaître : un chemin de fer unissant le lac Nyassa au bas Chiré est actuellement en construction.

Un autre projet de chemin de fer qu'on s'occupe aussi de réaliser, part de Beira pour aboutir au Zambèse vis-à-vis du confluent du Chiré. Il vise à la suppression des transbordements multiples qui retardent et aggravent les communications vers la région du Zambèse. L'exécution de ce second projet ferait gagner cinq jours au moins aux transports de Beira au confluent du Chiré ; celle du chemin de fer du Chiré en fera gagner au moins cinq aussi aux transports du confluent du Chiré jusqu'au lac Nyassa, et par conséquent ces deux ouvrages amélioreraient notablement les communications avec la frontière orientale de l'État Indépendant du Congo et l'Est Africain allemand.

Le chemin de fer de Beira au Zambèse aura en quelque sorte pour conséquence de créer une embouchure au fleuve et de développer encore la navigation intérieure sur ce puissant cours d'eau.

Le Zambèse est à peine exploité jusqu'à présent. Cependant, sauf une interruption d'une centaine de kilomètres aux rapides de Kebrabassa, situés à 500 kilomètres environ de Chinde, il est navigable sur une étendue de près de 800 kilomètres pendant une bonne moitié de l'année. Les rapides de Kebrabassa contournés par une voie ferrée, le Zambèse mis en communication directe avec Beira deviendrait la grande route commerciale de l'immense territoire compris entre les lacs Nyassa, Tanganika, Moëro et Bangweolo. Le port de Beira est donc appelé à un avenir considérable. Ce sera, quelque jour, l'une des places maritimes les plus importantes du continent africain.

CH. MORISSEAUX.

V

LES FONCTIONS ÉCONOMIQUES DU PORT DE LIVERPOOL

—

Il ne saurait entrer dans le cadre d'une courte communication d'étudier sous tous ses aspects l'organisme très complexe qu'est le port de Liverpool. Le but que nous poursuivons ici est beaucoup plus modeste et consiste uniquement dans la détermination des fonctions économiques de ce port.

Nous laisserons donc de côté tout ce qui concerne les conditions d'exercice de ces fonctions, c'est-à-dire, soit l'ensemble des circonstances grâce auxquelles le port de Liverpool joue le rôle important qu'il détient depuis si longtemps, soit l'ensemble des voies et moyens qui assurent la réalisation de ce rôle. Qu'il nous suffise de rappeler au début, sans entrer dans aucuns détails, que l'administration du port et des docks est centralisée entre les mains d'une corporation locale, le *Mersey Docks and Harbour Board*, qui, en vertu d'*Acts* du Parlement, décide souverainement, sous la réserve de certaines garanties et sous le contrôle des armateurs, négociants et courtiers qui l'élisent, toutes les questions se rattachant au trafic maritime, à l'amélioration de l'outillage, à l'entretien ou à la construction des divers ouvrages du port.

En d'autres termes, Liverpool offre un des exemples les plus parfaits d'un port autonome, gouverné sans partage par une seule administration locale, dans les conditions d'indépendance les plus caractérisées vis-à-vis des pouvoirs publics. Alors que le port de Londres, par exemple, manque d'une direction unifiée, au point qu'une réforme s'impose, le port de Liverpool est organisé sous

un régime qui correspond merveilleusement à toutes les exigences modernes. Cette heureuse situation a contribué dans une large mesure au bon accomplissement des fonctions économiques qu'il est appelé à remplir.

Comme il arrive dans la plupart des grands ports, ces fonctions sont multiples à Liverpool. Les marchandises qui s'accumulent sur ses quais n'y viennent pas toutes pour la même raison.

Les unes sont nécessaires à l'approvisionnement de l'arrière-pays en matières premières, objets d'alimentation ou marchandises de toutes sortes, ou bien représentent le trop plein de sa production. Elles ne passent par le port que pour le service de son arrière-pays, soit à l'importation, soit à l'exportation. En les chargeant ou en les déchargeant, le port de Liverpool accomplit sa fonction régionale.

D'autres, également attirées vers Liverpool par les besoins de l'arrière-pays, ne peuvent pas y être distribuées sans avoir subi une transformation industrielle. Trop lourdes ou trop encombrantes sous la forme de matières premières pour supporter les frais de transports terrestres, beaucoup plus onéreux que les frais de transports par mer, elles doivent être traitées sur place, là où elles-sont débarquées. L'opération industrielle, leur donnant une valeur plus grande sous un moindre poids et un moindre volume, leur permet d'être distribuées par les voies de terre sous leur forme nouvelle de produits manufacturés. Certains minerais, certaines matières premières de l'industrie des engrais chimiques, beaucoup de plantes oléagineuses, rentrent dans cette catégorie. Elles donnent naissance à la fonction industrielle des ports, variété notable de leur fonction régionale. Liverpool possède plusieurs de ces industries spéciales aux ports.

Enfin, l'activité du port de Liverpool est alimentée également par des marchandises qui ne vont pas en Angleterre et qui n'en viennent pas. Celles-là n'ont rien à faire ni avec la fonction proprement régionale, ni avec sa fonc-

tion industrielle. Elles relèvent de sa fonction commerciale.

En raison de l'espace limité dont nous disposons pour présenter cet exposé, nous ne distinguerons pas la fonction industrielle de la fonction régionale, dont elle peut être considérée comme une variété. Nous examinerons donc simplement comment se déterminent la fonction régionale et la fonction commerciale du port de Liverpool.

La fonction régionale

Si nous jetons les yeux sur une carte de l'Angleterre, l'arrière-pays géographique susceptible d'être desservi par Liverpool nous apparaît de suite comme étroitement limité. Le vaste estuaire de la Mersey, sur lequel est située Liverpool, est l'aboutissement d'un fleuve de peu de longueur ; nous ne trouvons donc pas là la profonde pénétration fluviale de l'Elbe derrière Hambourg, du Rhin derrière Rotterdam, de l'Escaut et des canaux de la Belgique et du nord de la France derrière Anvers. De plus, dans quelque direction que l'on s'éloigne de Liverpool sur le territoire de l'Angleterre, on ne tarde pas à atteindre des points plus rapprochés de Londres, de Hull, de Newcastle, de Cardiff ou de Swansea que de Liverpool même. La concurrence de ces grands ports restreint strictement la zone territoriale que Liverpool peut mettre en communication avec la mer.

Par contre, cette région étroite est prodigieusement active. Les gisements de charbon du Lancashire, du pays de Galles et du Staffordshire y ont favorisé un développement extraordinaire de l'industrie. L'esprit d'entreprise des Anglais a pu s'y donner libre carrière dans une infinité de branches de la fabrication. La métallurgie y occupe une place très importante ; mais l'industrie textile, particulièrement l'industrie cotonnière, concentrée dans le

Lancashire, règne en maîtresse autour de Manchester, à Oldham, Bolton, Rochdale, etc.

L'intensité de la production industrielle appelle forcément une importation considérable de matières premières. En nous reportant aux statistiques de 1904 (1), nous relevons, en effet, au port de Liverpool, des chiffres d'importation de matières premières qui traduisent clairement la physionomie industrielle de son arrière-pays.

En tête vient le coton brut, naturellement. Liverpool en a reçu 685 000 tonnes représentant une valeur de plus d'un milliard de francs (1 066 637 150 francs). La laine figure pour 50 000 tonnes et 93 millions de francs, le chanvre pour 26 000 tonnes et 21 millions de francs, soit en chiffres ronds, 760 000 tonnes de chargement pour les navires venant à Liverpool et près de douze cents millions de francs pour son mouvement commercial, du seul fait des besoins de l'industrie textile.

La métallurgie employant des matières premières d'une valeur moindre fournit au mouvement commercial une contribution beaucoup moins élevée : 93 millions de francs seulement de minerais et de métaux demi-ouvrés viennent à Liverpool, mais leur poids représente 560 000 tonnes. La métallurgie est donc une excellente pourvoyeuse de fret pour les navires venant à Liverpool.

De même, bien que dans une moindre mesure, la culture scientifique des terres, l'engraissement perfectionné des animaux, donnent du fret à l'armement sans mettre en mouvement des valeurs très importantes. Il entre par Liverpool 216 000 tonnes d'engrais et de tourteaux, valant seulement 28 millions de francs. Notons encore 180 000 tonnes de plantes et graines oléagineuses représentant une valeur de 27 millions de francs. Ces lourdes cargaisons sont un précieux élément de trafic pour les grands navires d'aujourd'hui, auxquels il faut des marchandises

(1) V. *Annual statement of the Trade of the United Kingdom with foreign countries and british possessions*, 1904.

de poids et d'encombrement pour remplir leurs vastes cales.

En ajoutant à ces marchandises 75 millions de francs de peaux et cuirs, 83 millions de bois, 40 millions de tabac brut, 22 millions de suif et stéarine, on arrive, pour les principales matières premières importées à Liverpool, à un total de valeurs d'un milliard et demi de francs environ. Voilà ce que demandent à Liverpool, ce qu'attirent, par suite, à Liverpool, les besoins industriels de l'étroite, mais active région desservie par ce port.

Voici maintenant la contre-partie. Cette région ne fabrique pas pour la seule Angleterre. Elle ne s'est développée que par les débouchés qu'elle a trouvés au dehors pour ses industries, et Liverpool est son port d'expédition. Il n'est même guère que cela. En effet, nous ne voyons figurer au compte des exportations de Liverpool ni produits agricoles, ni produits miniers. Il n'est pas exporté de ce grand port anglais une seule tonne de charbon, alors que le Royaume-Uni en exporte 45 millions de tonnes, 66 millions si on tient compte des charbons de soute pris par les navires. Tous les produits anglais expédiés de Liverpool à l'étranger sont exclusivement des produits industriels. Leur valeur s'est élevée en 1904 à 2 milliards 675 millions de francs.

Ces chiffres prouvent clairement que Liverpool a grandi en raison du développement industriel de son arrière-pays. Son histoire commence avec ce développement : Liverpool n'avait que 5000 habitants en 1700. Son nom ne figure même pas dans le *Doomesday Book* dressé à la suite de la conquête de Guillaume le Conquérant. C'est au cours du XVIIIe et surtout du XIXe siècle que le port a grandi par l'essor du Lancashire et des comtés avoisinants.

L'industrie régionale a fait plus que de fournir à Liverpool des importations de matières premières et des exportations de produits fabriqués. En agglomérant autour des usines une population très dense, que la contrée est inca-

pable de nourrir avec ses ressources agricoles, elle a déterminé un mouvement considérable d'importation de matières alimentaires. A elles seules, les diverses céréales importées à Liverpool en 1904 représentent 2 186 000 tonnes de poids et une valeur de 358 millions de francs ; les viandes figurent pour un poids très inférieur, 370 000 tonnes, mais leur valeur dépasse celle des céréales et atteint 390 millions de francs ; 97 millions de fruits, 92 millions de sucres, 41 millions d'huiles végétales, 34 millions de fromages, 30 millions de poissons, 5 millions 1/2 d'œufs, etc., nous donnent, avec les céréales et les viandes, un total de valeurs qui n'est pas moindre de 1150 millions de francs. Il faut autre chose que des matières alimentaires à la population massée autour des fabriques de la région. Elle consomme pour 21 millions de francs de pétrole, pour 30 millions de tabac manufacturé, pour 3 millions 1/2 de savon, etc. Plus de 1200 millions de marchandises viennent ainsi à Liverpool pour la consommation de l'arrière-pays et s'ajoutent au milliard et demi de matières premières que nous avons noté plus haut. La fonction régionale attire donc à Liverpool, de ces deux chefs, des cargaisons d'une valeur totale d'environ 2 milliards 700 millions et fournit à l'exportation un fret d'une valeur sensiblement équivalente (2 675 000 000).

La nature des marchandises reçues et expédiées est forcément déterminée dans une large mesure par les besoins de la région desservie. Si Liverpool reçoit plus d'un milliard de francs de coton brut, par exemple, c'est que le Lancashire est le grand centre de l'industrie cotonnière anglaise. Par suite, Liverpool voit son commerce maritime se diriger principalement vers les pays producteurs de coton, en particulier vers les États-Unis. C'est encore aux États-Unis que Liverpool trouve la plus grosse part des céréales, des viandes, que réclame son arrière-pays. Une contrée à population clairsemée, à production agricole surabondante, est précisément complé-

mentaire d'un pays industriel surpeuplé. Elle a en excès ce qui fait défaut à l'autre. Les relations commerciales de Liverpool avec l'Amérique du Nord résultent donc des besoins de son arrière-pays. Et on pourrait facilement, dans une étude plus détaillée, suivre le développement du commerce de Liverpool avec l'Amérique du Sud, l'Afrique, l'Australie, parallèlement aux besoins croissants de l'arrière-pays en laines, caoutchouc, graines oléagineuses, etc., d'une part, et aux débouchés croissants qu'offrent ces divers pays aux marchandises fabriquées dans la région de Liverpool, d'autre part.

Ainsi la quantité, la nature, la provenance ou la destination des marchandises débarquées ou embarquées dans le port sont fonction de son arrière-pays.

Il y a plus, et les théories économiques en faveur à Liverpool sont déterminées à leur tour par ces éléments. L'union douanière impériale, rêvée par M. Chamberlain, y a rencontré peu d'adeptes, parce que les principales relations commerciales de Liverpool sont avec des pays étrangers. Londres, qui commerce activement avec les colonies anglaises, a pu prêter une oreille plus attentive aux discours de l'apôtre du néo-protectionnisme. Si les possessions britanniques étaient seulement en mesure de fournir au Lancashire le coton brut et le blé qu'il lui faut, l'École de Manchester ne tarderait pas à perdre son nom ; mais, dans les conditions actuelles, toute entrave au trafic avec l'Amérique, par exemple, serait funeste à la région desservie par Liverpool.

L'étroitesse de cette région a déjà été signalée. Il faut noter cependant que les limites en sont étendues, pour certaines marchandises, par l'existence du marché national de ces marchandises à Liverpool. C'est ainsi que Liverpool reçoit presque tout le coton brut destiné à l'Angleterre ou à l'Écosse ; seul, le port de Londres en inscrit à ses importations pour une valeur de 40 millions de francs ; on n'en trouve pas trace à Glasgow, qui est

pourtant un centre d'industrie cotonnière. La prépondérance industrielle du Lancashire entraîne la prépondérance commerciale de Liverpool pour l'entrée de cette matière première et étend jusqu'aux limites de la Grande-Bretagne elle-même la région desservie par Liverpool *à ce point de vue*. De même, le caoutchouc traité par l'industrie anglaise arrive principalement par Liverpool, tandis qu'au contraire le thé, si universellement consommé sur toute la surface du Royaume-Uni, entre surtout par Londres. Liverpool en reçoit seulement pour un demi-million de francs en 1904. Il faut donc distinguer l'arrière-pays géographique du port de son arrière-pays économique, plus exactement de ses arrière-pays économiques, variables suivant la marchandise considérée.

Cette distinction est d'autant plus nécessaire que l'arrière-pays économique d'un port peut varier par suite de faits extérieurs. Liverpool en offre un curieux exemple. Pendant de longues années ce port était le seul point d'embarquement des passagers et émigrants britanniques vers les États-Unis. Aujourd'hui, il est très fortement concurrencé par Southampton, parce que les paquebots des grandes compagnies allemandes y font escale. Tout le sud de l'Angleterre se trouve ainsi enlevé à Liverpool, au point de vue de ce trafic, et cela par l'essor de l'armement hambourgeois et brêmois.

Quelles que soient, au surplus, les variations subies par les arrière-pays économiques de Liverpool, sa fonction régionale reste dominée par le fait que nous signalions au début. Liverpool ne peut, en aucun état de cause, desservir une région très vaste. Son port a grandi par l'activité merveilleuse d'une région peu extensible. Il devait, par suite, être dépassé par les ports continentaux situés à l'embouchure d'un fleuve à pénétration profonde, du jour où ces ports seraient mis en communication avec leur arrière-pays étendu et économiquement développé. Cela explique pourquoi Liverpool est passée aujourd'hui

du second au cinquième rang des ports d'Europe, après Hambourg, Anvers et Rotterdam, Londres conservant jusqu'ici sa prééminence.

La fonction commerciale

L'analyse sommaire à laquelle nous nous sommes livrés pour déterminer la fonction régionale de Liverpool montre bien qu'elle n'est pas la seule fonction remplie par ce port. En effet, même en lui attribuant la totalité des matières premières et des objets de consommation importés — ce qui n'est pas entièrement justifié, comme nous le verrons — et la totalité des exportations d'origine anglaise — ce qui paraît légitime — nous arrivons au compte suivant :

Importations de matières premières	1	milliard	500	mill.
» d'objets de consommation	1	»	200	»
Exportations d'origine anglaise	2	»	675	»
Total	5	milliards	375	mill.

Or, l'ensemble des importations et des exportations de Liverpool atteint, d'après les statistiques de 1904, six milliards et demi de francs. La fonction régionale n'explique donc pas, à elle seule, le mouvement des marchandises. La fonction commerciale nous en rendra compte. Nous verrons même qu'elle a quelque chose à reprendre sur le chiffre attribué à la fonction régionale.

En effet, toutes les matières premières et tous les objets de consommation importés à Liverpool ne sont pas à destination définitive de sa région. Il en est qui viennent dans le port pour y trouver un marché international et, de là, être réexpédiés à l'étranger.

Nous constatons, par exemple, qu'en 1904, Liverpool a réexporté pour 72 millions de francs de cotons bruts ; en 1903, elle en avait réexporté pour 105 millions de

francs. Pourquoi ces cotons sont-ils entrés à Liverpool, puisqu'ils ne devaient pas être travaillés en Angleterre ? Tout simplement, parce que Liverpool est un grand marché de cotons bruts. Sans doute, l'existence de ce marché est due à l'énorme consommation du Lancashire ; mais, précisément à cause de l'énormité de cette consommation, le marché dépasse les besoins de la région. Il est assez puissant, assez bien organisé pour attirer à lui des cotons destinés à des centres de fabrication plus ou moins isolés et trop modestes pour alimenter un marché à eux seuls. Ces centres sont ainsi tributaires de Liverpool, ou du Havre, ou de Brême, car les places européennes où se traitent les cotons bruts sont en nombre très limité. Le marché à terme est nécessaire aux transactions sur cette marchandise en raison de circonstances connues, dans le détail desquelles nous ne pouvons pas entrer ici, et ce marché ne peut se constituer que là où d'importantes quantités sont traitées. La fonction commerciale de Liverpool, en ce qui concerne les réexportations de cotons bruts, est due à l'existence de son marché de cotons bruts.

Les céréales donnent lieu à un phénomène analogue, bien que moins intense, les marchés européens de blés étant beaucoup plus nombreux que les marchés de cotons. Liverpool a réexporté en 1904 pour 15 millions 1/2 de céréales, dont 13 millions de riz. L'importance de son marché de riz paraît tenir surtout à l'activité de ses relations avec les ports du sud des États-Unis.

Liverpool a aussi un grand marché de caoutchouc. Les réexportations ont atteint 103 millions de francs en 1904, alors que les importations donnaient un total de 170 millions. Le service de l'étranger a donc dépassé le service de la région. Notons encore 30 millions de réexportations de laines, 8 millions de réexportations de plumes d'ornement, etc.

Toutes ces marchandises viennent chercher un marché à Liverpool ; elles y sont l'objet de transactions qui déter-

minent leur destination définitive ; elles y sont traitées. Mais il en est d'autres qui sont simplement transbordées à Liverpool. Celles-là n'y trouvent, par conséquent, qu'une facilité, une occasion de transport. Elles passent par Liverpool, parce que c'est une sorte de carrefour maritime, parce que c'est le point d'où une marchandise est le mieux assurée d'arriver promptement à sa destination, grâce à la multiplicité et à la fréquence des services sur certains pays. La cause qui les attire n'est pas le marché commercial, mais l'activité du mouvement maritime qui se chiffre à Liverpool, en 1904, par 14 698 792 tonnes, entrées et sorties réunies. Ces marchandises constituent une catégorie d'une certaine importance. Les statistiques anglaises les classent à part et indiquent pour elles une valeur de 214 millions (64 millions pour les marchandises franches de droit, 150 millions pour les marchandises taxées). Seuls, les très grands ports visités par de nombreux navires peuvent jouer ce rôle de distributeurs de marchandises de mer ; c'est une variété de la fonction commerciale réservée aux quelques points du globe où les transports maritimes se concentrent avec le plus d'intensité. En Grande-Bretagne, Londres et Liverpool sont, à peu de chose près, les deux seuls ports où elle existe. Sur un mouvement total de transbordements de marchandises de mer *(transhipments)* s'élevant à 612 millions de francs en chiffres ronds, Londres et Liverpool font plus des trois quarts, 462 millions.

Comme l'activité du mouvement maritime, l'activité de la distribution commerciale attire à Liverpool certaines marchandises qui ne font qu'y passer. On voit figurer, par exemple, dans les importations, 41 millions de jute manufacturé et les réexportations en reprennent 39 millions et demi. Il s'agit évidemment de sacs d'emballage de jute utilisés, en partie, pour la réexpédition de grains, et spécialement de riz, transportés en vrac de leur port d'origine, et repartis de Liverpool en sacs avec d'autres cargaisons.

Enfin, il faut mentionner aussi les marchandises dirigées sur Liverpool en raison des facilités d'entrepôt qu'elles y rencontrent. L'existence de vastes magasins, bien outillés, dans lesquels une marchandise peut séjourner sans trop de frais, où elle peut être warrantée dans de bonnes conditions, constitue un des éléments de l'organisation commerciale d'un port. C'est encore un motif nouveau d'y amener des cargaisons que ne réclame pas l'arrière-pays de ce port, mais qui relèvent de sa fonction commerciale.

Le développement pris à Liverpool par cette fonction est dû pour une large part à la puissance des maisons d'armement établies dans ce port. Sur dix millions et demi de tonneaux de jauge nette que compte la flotte marchande du Royaume-Uni, 2 678 766 tonneaux, soit plus du quart, sont afférents à des navires ayant leur port d'attache à Liverpool. Ce fait est d'une extrême importance pour l'établissement de certains marchés dans ce port. Celui du caoutchouc, par exemple, déborde, nous l'avons vu, d'une façon très notable sur les besoins de la consommation régionale. Plus de la moitié des caoutchoucs importés à Liverpool sont réexportés (103 millions de réexportations sur 170 millions d'importations). La comparaison de ces deux chiffres montre clairement que, pour une grande partie, le marché des caoutchoucs pourrait être enlevé à Liverpool. Mais il s'y maintient et il s'y développe par la puissance de l'armement local qui ramène de préférence à Liverpool les caoutchoucs chargés par lui dans les pays d'origine. A supposer que le mouvement maritime du port fût alimenté surtout par les pavillons étrangers, à supposer notamment que les relations avec l'Amérique du Sud fussent assurées par eux, la quantité de caoutchouc traitée à Liverpool tendrait naturellement à se rapprocher de la quantité nécessaire aux besoins régionaux. Sur ce point, le rôle commercial du port est une conséquence de l'activité de l'armement local. C'est, d'ail-

leurs, un fait vérifié que, pour les marchandises d'une certaine valeur par rapport à leur poids, les marchés internationaux se déplacent souvent par le seul fait que le pavillon transporteur vient à changer. Sir Thomas Sutherland, président de la Compagnie péninsulaire et orientale, en donnait, il y a quelques mois, devant la Commission anglaise chargée d'étudier les réformes à apporter à l'organisation du port de Londres, un exemple frappant. Le marché de la soie était à Londres dans la première moitié du XIXe siècle ; c'est la création de la Compagnie des Messageries Maritimes qui a déterminé son déplacement au profit du continent (1). L'existence des grands marchés internationaux dans un port peut donc dépendre de l'activité de l'armement local. Dans le cas de Liverpool, la puissance de sa flotte de commerce contribue fortement à renforcer sa fonction commerciale.

Il nous reste à préciser quelle proportion du trafic total doit être attribuée, d'une part, à la fonction régionale, d'autre part, à la fonction commerciale de Liverpool. Un décompte absolument exact est, bien entendu, impossible à établir. Cependant on peut arriver à se rendre compte, à peu de chose près, de l'importance relative des deux fonctions en ce qui concerne la valeur des marchandises. En ce qui concerne leur poids, les statistiques anglaises ne permettent pas d'établir des calculs d'ensemble, certaines marchandises y figurant sans aucune indication de poids.

Il faut d'abord remarquer que les chiffres donnés plus haut pour la fonction régionale sont à la fois incomplets et forcés. Ils sont incomplets, parce que nous nous sommes bornés à relever les valeurs afférentes aux principales marchandises classées et qu'aucun compte ne peut être tenu des marchandises non classées qui figurent dans les statistiques pour des sommes importantes. Ils sont forcés,

(1) *Report of Commissioners. Port of London*, p. 25.

parce que nous avons attribué provisoirement à la fonction régionale toutes les matières premières ou alimentaires relevées par nous, alors qu'une certaine partie d'entre elles est reprise aux réexportations, comme nous venons de le voir, et doit être portée, par suite, au compte de la fonction commerciale.

Dans ces conditions, le seul procédé — procédé sommaire, d'ailleurs — pour résoudre le problème posé, consiste à analyser directement, avec le secours des indications statistiques, les marchandises qui ne viennent à Liverpool par mer que pour en repartir par mer.

Une première catégorie est celle des réexportations, c'est-à-dire des marchandises qui, ayant été inscrites dans les relevés d'importations, sont ensuite reprises dans les relevés d'exportations. Elles figurent au compte spécial des réexportations pour 446 millions de francs. Il faut y ajouter 64 millions de marchandises franches en transit, soit au total 510 millions de francs. Mais pour comparer ce chiffre à celui du mouvement total du commerce maritime, il convient de le doubler, puisque ces 510 millions de francs entrent à la fois et dans le compte des importations et dans le compte des réexportations (1). Nous arrivons ainsi à une somme d'un milliard vingt millions de francs.

Ce n'est pas tout. Nous avons encore à tenir compte de 146 millions de *transhipments under bond*, c'est-à-dire de marchandises soumises aux droits et transbordées à Liverpool sous le régime de l'entrepôt réel. Ces marchandises ne figurent pas dans les relevés d'importations et d'exportations. Elles doivent donc être considérées à part. Mais elles n'en donnent pas moins lieu à un double mouvement et il convient, par suite, de les doubler, soit 292 millions de francs.

(1) Voir la note de la page 497, *Annual Statement of the Trade of the United Kingdom*, vol. II.

Nous aboutissons donc au compte d'ensemble suivant :

1° Total des importations et exportations	6 milliards 500 millions
2° Marchandises transbordées en entrepôt	292 »
Total général du mouvement commercial	6 milliards 792 »

Là-dessus, la fonction commerciale est représentée par :

1° Les réexportations (comptées deux fois)	892 millions
2° Les transbordements de marchandises franches (id.)	128 »
3° Les transbordements en entrepôt (id.)	292 »
Total pour la fonction commerciale	1 milliard 312 millions

soit, sur l'ensemble, 19,4 % ou, en chiffre rond, un cinquième.

Si nous rapprochons ce résultat de ceux auxquels nous ont conduits des études analogues sur d'autres grands ports, nous constatons que le rôle de la fonction commerciale est inférieur, à Liverpool, à celui qu'elle tient à Hambourg (environ 25 %). Cette constatation a son intérêt, parce qu'elle détruit une conclusion spécieuse et prématurée contre laquelle il convient de se mettre en garde.

La distinction que nous avons présentée de la fonction régionale et de la fonction commerciale des ports pourrait faire naître l'idée que ces deux fonctions sont indépendantes. En réalité, elles sont distinctes, mais avec un rapport marqué de dépendance. Dans l'état actuel du commerce maritime la fonction régionale a une importance primordiale. C'est elle qui attire la plus grande

partie des marchandises lourdes ; c'est elle, par conséquent, qui contribue le plus efficacement à remplir les cales des grands navires modernes, qui leur fournit l'occasion de naviguer avec profit, qui détermine leur destination définitive. Plus les moyens de communications terrestres se développent dans l'arrière-pays des ports, plus s'élargit la zone de récolte et de distribution des produits lourds, plus devient puissant l'appel du courant qu'ils créent pour le commerce maritime. Par suite, les marchandises plus légères et de plus grande valeur, susceptibles de déplacements moins onéreux ou plus aptes à en supporter les frais, se trouvent entraînées par ce courant vers les ports dont la fonction régionale s'affirme. Il en résulte que les grands marchés internationaux du commerce maritime tendent à se porter précisément sur les points où un grand marché national existe et progresse. En d'autres termes, la fonction commerciale d'un port est en danger quand sa fonction régionale cesse de grandir.

L'exemple de Liverpool montre comment l'arrêt relatif du développement que l'étroitesse de son arrière-pays inflige à sa fonction régionale rejaillit aussi sur sa fonction commerciale. Loin de prendre une importance proportionnelle plus considérable que dans les ports à vaste arrière-pays comme Hambourg, elle y tient une moindre place. Et elle ne se maintient que par l'admirable activité, l'esprit d'entreprise éclairé et les larges ressources de la région desservie par Liverpool.

PAUL DE ROUSIERS.

VI

ANVERS ET LA VIE ÉCONOMIQUE NATIONALE

—

Le port d'Anvers a fait l'objet, en ces derniers temps, d'études importantes et intéressantes. C'est surtout le point de vue technique des installations nouvelles à créer, avec ou sans modification apportée au cours de l'Escaut, qui a préoccupé les auteurs de ces savantes publications.

Ce côté de la question ne sera pas abordé ici.

Ce que nous voulons, c'est essayer de pénétrer et de décrire l'importance économique du port d'Anvers, d'expliquer les avantages qu'il offre au commerce maritime et de montrer son rôle, tant national qu'international.

La Belgique reçoit, par le port d'Anvers, les matières premières de toute nature, nécessaires à son alimentation et à son industrie, de même qu'elle exporte, par son intermédiaire, les produits finis de ses fabriques et de ses ateliers. Anvers est l'organe vital, le cœur de notre activité économique nationale, dont les pulsations se répercutent sur le corps social tout entier.

Anvers n'est pas seulement un grand port national, il étend ses ramifications bien au delà de nos frontières restreintes, il exerce une attraction intense sur un arrière-pays considérable et devient ainsi un facteur important de la vie économique des pays voisins.

Anvers enfin n'est pas seulement un port, mais une place de commerce puissante, qui achète à l'étranger et importe, qui envoie à l'étranger nos produits et nos capitaux, comme elle manipule, embarque et expédie pour compte des voisins les marchandises qu'ils exportent.

C'est donc dans ses relations avec l'arrière-pays et sous

ses multiples aspects de place commerciale d'importation, d'exportation et de port transitaire que nous étudierons notre métropole commerciale, en faisant ressortir l'influence exercée par chacune des fonctions de son grand port sur la vie économique nationale.

L'hinterland du port d'Anvers — Ses caractères Son étendue

La Belgique ne produit pas assez de vivres pour pourvoir à sa subsistance. Les richesses de son sol et de son sous-sol, à l'exception du charbon, ne suffisent pas à alimenter son industrie. Plus que les autres pays, la Belgique doit donc avoir recours à l'étranger, à l'échange des produits. C'est du reste ce qui ressort du chiffre de son commerce spécial par tête, puisque chaque Belge échange annuellement pour environ 709 francs de marchandises, tandis que l'Anglais, qui vient ensuite, ne trafique que pour 530 francs.

Comme la Belgique reçoit la plus grande partie de ses vivres et des matières premières par voie de mer et que d'autre part ce trafic se concentre pratiquement à Anvers, on voit du premier coup d'œil combien est important au point de vue de l'économie nationale le rôle joué par ce port.

Il nous paraît inutile de répéter ici l'histoire tant de fois redite du port d'Anvers. Mais on peut faire remarquer que, dès ses origines, Anvers est le grand port de l'Europe centrale. Le commerce anversois étendait ses ramifications sur toute l'Allemagne centrale et compta même à un moment donné la République vénitienne au nombre de ses clients.

Anvers est en effet singulièrement favorisé par la nature. Le bras de mer dans lequel l'Escaut se jette est le nœud de tout le réseau navigable rhénan et mosan. L'Es-

caut lui-même, avec ses affluents, permet une pénétration facile en France. Car le commerce suit de préférence la vallée des fleuves où il trouve les routes faciles et économiques qu'il recherche.

C'est devenu un lieu commun de dire que l'hinterland fait le port; inutile donc de s'attarder à le démontrer. Ce sont les besoins des populations qui occupent l'arrière-pays, qui déterminent strictement la nature des services que l'on demande au port.

Or, pour toute la vallée du Rhin, de la Meuse et de l'Escaut les besoins sont les mêmes.

Aussi loin que l'on remonte dans l'histoire, on voit les populations de l'Europe centrale se procurer, par le travail et l'échange, les biens que la nature leur refuse et surtout dans la période moderne elles n'échangent pas un produit naturel contre un autre, mais un produit qui a reçu une plus-value par leur travail, contre d'autres qui les feront vivre, ou contre des matières premières pour l'industrie. Ce travail, tant intellectuel que manuel, rendu nécessaire par la pénurie des ressources naturelles, aiguisé par une lutte constante, qui surexcite toutes les énergies, sélectionne et affine les individus qui s'y livrent et crée de la sorte une catégorie nouvelle de besoins, plus variés, plus nombreux, plus exigeants. Toutes ces circonstances réunies contribuent à développer dans la mesure la plus large l'activité des échanges.

Enfin, si la nature s'est montrée ingrate, elle n'a pas refusé cependant aux populations de l'hinterland anversois la source de toute énergie dynamique. Elle a prodigué le combustible : les charbons du Pas-de-Calais, du Nord, du Borinage, du Centre, du bassin de Charleroi, de la vallée Mosane, du Rhin, de la Westphalie, permettent d'entretenir et de centupler l'activité créatrice de la population.

Comme la population de l'hinterland vit essentiellement

de son travail, la subsistance de chaque individu est indépendante de l'étendue de terre dont il dispose.

Aussi, dans le bassin immédiat de l'Escaut, les régions du Pas-de-Calais, du Nord, de l'Est sont-elles naturellement les plus denses de la France. La population moyenne de la Belgique est une des plus fortes de l'Europe ; la Westphalie et la Province rhénane accusent les chiffres les plus élevés de la Prusse et tout aux confins du bassin naturel, là où cependant l'influence du courant commercial se fait encore sentir, la Saxe présente la population la plus compacte de l'Europe entière. C'est là une situation presque unique au monde : pénétration de la mer, réseau navigable naturel étendu, population très dense avec des besoins d'échange considérables. Telles sont les caractéristiques de l'hinterland drainé par l'Escaut, la Meuse et le Rhin.

Pour achever cette esquisse, nous remarquerons enfin qu'aux portes de l'estuaire qui réunit les trois fleuves s'offre une contrée qui, pour des raisons analogues, a les mêmes besoins, mais qui, pour des raisons historiques, est habitée par une race plus mélangée, plus sélectionnée par la lutte séculaire, plus énergique et plus entreprenante : l'Angleterre.

Par suite de la situation insulaire de ce pays, Londres est devenu le centre du commerce anglais. Le bras de mer réunissant les trois grands fleuves de l'Europe centrale devait être, lui, le centre du commerce continental.

Après avoir indiqué les caractères typiques de l'hinterland du port d'Anvers, nous avons à nous demander quelle est son étendue ou, en d'autres termes, quel est le rayon d'influence du port d'Anvers.

L'étendue de l'hinterland d'un port, son rayon d'influence est déterminé par le nombre, la variété et la facilité des voies d'accès à ce port.

Or, Anvers ne dispose pas seulement d'importantes voies

de pénétration fluviales, mais encore d'un réseau serré de voies ferrées, qui relient son port à tous les points de l'Europe.

Anvers-Amsterdam, Anvers-Paris, Anvers-Bâle, Anvers-Vienne, Anvers-Milan, Anvers-Munich, Anvers-Berlin, Anvers-Leipzig sont autant d'artères dont les ramifications plongeant au loin alimentent le port qui nous occupe.

Ce puissant réseau de voies de communication, en diminuant les distances, en facilitant la circulation des marchandises, détermine aussi l'étendue de l'hinterland anversois.

Et cependant, la distance qui sépare Anvers de l'un ou de l'autre point de son hinterland n'est pas le seul élément dont il faille tenir compte en cette matière.

Il n'en est même pas, dans des cas fréquents, l'élément le plus important, et cette remarque doit retenir quelque peu notre attention.

Il arrive, en effet, que des trafics qui, par suite de la moindre distance de leur lieu d'origine au port d'Anvers, sembleraient être réservés à ce dernier lui échappent et aillent à un autre port plus distant. Et, en sens inverse, il arrive aussi qu'Anvers reçoive des trafics que son plus grand éloignement semblerait devoir lui enlever.

Comment expliquer ces faits ?

Le problème qui se pose pour tout exportateur, est évidemment de livrer au meilleur marché possible à destination la marchandise qu'il s'est chargé de fournir.

Or, le prix de revient à destination comprend deux éléments principaux : le coût au lieu de production et le coût du transport général.

Nous n'avons, ici, à nous occuper que de ce dernier élément.

Le coût du transport général se compose, lui-même, de deux éléments : la *livraison franco bord* et le *fret de mer* que nous examinerons successivement.

Livraison franco bord. C'est le coût de la livraison

franco bord qui détermine l'étendue de l'hinterland. Ce coût lui-même comprend deux facteurs : le coût du transport jusqu'au navire, soit fret fluvial, soit port de chemin de fer (1), et le coût de la mise en cale.

S'il s'agit d'un fret fluvial, l'élément principal qui en déterminera le taux sera la continuité de l'emploi du navire.

C'est ainsi que les allèges rhénanes accepteront un fret de 40 pf. par tonne de moins pour Rotterdam que pour Anvers, non pas tant à cause de la différence de distance qui ne justifie pas pareille augmentation, mais bien parce qu'elles sont certaines de trouver immédiatement un fret de retour à Rotterdam. Si, par suite de circonstances extraordinaires, telles que la grève de 1905 dans ce port, le retour manque à Rotterdam, nous voyons que la différence de fret monte jusque 1 mark en faveur d'Anvers. L'effet s'en fait sentir immédiatement, et l'on peut citer tel cas où l'on achemina environ 20 000 tonnes de billettes par Anvers pour un seul port anglais, alors qu'autrefois ces marchandises passaient par Rotterdam. Cette même continuité dans l'emploi dépend naturellement aussi et dans une certaine mesure de la rapidité des opérations de déchargement et de chargement au port de mer.

S'il s'agit d'un transport par chemin de fer, la question est plus complexe encore, car le facteur distance est vicié ici fréquemment par la politique des transports, adoptée par les divers États, qui accordent des rabais de distance, des tarifs spéciaux pour certains produits et certaines destinations. L'étendue du territoire belge est trop restreinte pour influencer sensiblement le prix des transports par voie ferrée, exception faite des zones immédiatement voisines de la frontière : l'Est français, le Grand Duché et l'Alsace-Lorraine.

Un exemple typique montrera combien une simple fic-

(1) Nous ne parlons pas du *roulage* au port par route ordinaire, qui n'entre presque plus en ligne de compte.

tion pourrait à un moment donné fausser toute l'économie de certains transports. Les fers allemands du bassin alsacien-lorrain sont en général exportés par Anvers ; l'État belge a tout spécialement réduit à leur intention le tarif base qui est pratiquement aujourd'hui de 17 millimes la tonne-kilomètre (1), de sorte que pour la distance de 304 km. Thionville-Anvers, les fers bruts et demi-façonnés paient M. 5.99, tandis que pour la distance Thionville-Coblenz ou Oberlahnstein (183 km.), ces mêmes fers paient sur la base du tarif régional M. 5.20. Pour les poutrelles, la différence est plus grande encore : Thionville-Anvers coûte M. 6.60, tandis que Thionville-Coblenz se paie M. 7.60. Or si, comme les industriels alsaciens le demandent, on accordait à leurs produits embarqués par le Rhin à Oberlahnstein le tarif de faveur de l'exportation, le prix de revient de la tonne serait de 30 Pf. meilleur marché pour Rotterdam que pour Anvers et un trafic de 500 000 tonnes annuellement, soit environ 9 % du trafic total de sortie, pourrait être détourné sur Rotterdam. Nous ne disons pas qu'il le serait.

Dans le même ordre d'idées, Essen devrait se pourvoir de ses denrées coloniales, tabac, etc., aux ports plus rapprochés d'Amsterdam et d'Anvers. Il n'en est rien, parce qu'il existe un tarif spécial d'après lequel le transport par chemin de fer Hambourg ou Bremen-Essen ne dépasse jamais le port Amsterdam-Anvers-Essen.

Le district de Bâle achète ses peaux, cotons, tabacs, cafés, etc. (au total environ 60 000 tonnes) à Hambourg, bien que la distance soit en faveur d'Anvers. La distance Nuremberg-Anvers est inférieure à la distance Nuremberg-Hambourg ; cependant les jouets, couleurs, crayons, etc., paient 40 Pf. de moins aux 100 kilos pour ce dernier port. On pourrait multiplier les exemples, mais ceux-ci suffisent à montrer que toute l'économie d'un port peut,

(1) Circulaire d'avril 1902.

à un moment donné, être faussée par des mesures protectrices. La question de l'hinterland est donc une question complexe : l'étendue de celui-ci n'a rien de fixe ; elle varie constamment, et il faudrait une attention continue et une vigilance de tous les instants pour parer aux effets de la politique particulière des États.

En ce qui concerne Anvers, la seule façon de réagir pour les districts éloignés n'est pas la détaxe du transport par chemin de fer, mais bien le *coût de la livraison en cale*.

Nous avons eu, par exemple, l'occasion de suivre de près un transport de 40 000 tonnes de machineries, grosses pièces et accessoires, poutrelles, tuyaux, etc., venant de Nuremberg et Augsburg. Le transport par chemin de fer Nuremberg-Anvers coûte 30 francs la tonne, Augsburg-Anvers fr. 34.62. L'avantage pour Hambourg était de fr. 6.80. Mais l'envoi comportait un certain nombre de grosses pièces allant jusque 40 tonnes. La marchandise devait être prise depuis wagon. Anvers enleva l'affaire en offrant un prix auquel Hambourg ne pouvait traiter, à cause de la cherté des manipulations. Pour rendre l'exemple plus frappant encore, ajoutons qu'une partie de cet ordre comprenant précisément une forte proportion de grosses pièces, fut transportée par des navires hambourgeois.

De par le fait donc des communications faciles et économiques et *par suite du bon marché des opérations de mise en cale*, Anvers a un hinterland étendu et dont les produits présentent une variété très grande. On peut dire qu'il n'existe pas un objet manufacturé au monde qui ne soit un fabricat de l'hinterland anversois.

Fret de mer. Comme pour le fret fluvial, l'armateur doit se préoccuper d'abord de la continuité de l'emploi de son navire et lui assurer des retours. Nous reviendrons sur ce point plus loin.

Mais il doit aussi assurer à l'exploitation de son navire un bon rendement, mettre en action, d'une manière aussi

complète que possible, toutes les ressources de son navire et combiner habilement les marchandises lourdes et légères qui peuvent lui donner du fret.

Un exemple permettra de saisir l'importance de cette question. Supposons un navire qui charge 1800 tonnes de mille kilogrammes et qui ait le choix entre un chargement de minerai cubant 20 pieds cubes à la tonne, un chargement de crin végétal cubant 130 pieds cubes à la tonne, ou une combinaison des deux marchandises. Le navire a une capacité de 80 000 pieds cubes, le fret net pour le minerai est de 8 francs, celui pour le crin végétal de 11 francs.

En prenant un chargement de minerai seul, le navire ferait un fret de 14 500 francs environ. En crin végétal, il ne pourrait charger que 610 tonnes — il est même douteux qu'il puisse les prendre, car il serait trop chargé dans le haut et fort peu stable — il ferait un fret de 6750 francs. En combinant, au contraire, les deux chargements, il serait possible de prendre 1400 tonnes de minerais et 400 tonnes de crin végétal représentant un fret total de 15 600 francs. Cette différence de fret accumulée pendant un an peut représenter jusque 4 °/₀ de la valeur du navire.

Si la combinaison ne pouvait se faire, pour atteindre le même fret total, il faudrait porter le taux pour le minerai à fr. 8.66 et celui pour le crin à 25 francs.

Dans une combinaison de marchandises lourdes et légères, l'une ne paie pas pour l'autre, mais elles se soutiennent et s'aident mutuellement à obtenir des conditions meilleures. C'est, en somme, la fable de l'aveugle et du paralytique.

Nous avons choisi un exemple simple, mais l'enseignement que l'on en peut tirer reste absolument le même, qu'il s'agisse d'une combinaison de minerai et de crin ou bien d'un chargement de rails, poutrelles, machineries, tissus, produits chimiques, autos, tuyaux de fonte, wagons

de chemin de fer, porcelaines et les mille et une marchandises qui s'exportent par Anvers.

Nous en avons du reste un exemple immédiat et probant sous les yeux. Rotterdam importe en moyenne 11 millions de tonnes de marchandises et n'en exporte que 5 millions de tonnes environ. Rotterdam jouit d'un quasi monopole à l'importation pour le Rhin et la Westphalie, et cependant les fers, rails et autres produits qui se transportent par eau et à meilleur compte pour Rotterdam de ces deux provinces passent par Anvers, uniquement, parce qu'il est possible d'y réaliser de meilleures combinaisons de fret et d'y obtenir des concessions impossibles à réaliser ailleurs. Nous ajouterons que des produits hollandais et rotterdamois même transitent par Anvers.

Les deux hinterlands de Rotterdam et d'Anvers chevauchent l'un sur l'autre. Le port d'Anvers n'a la prépondérance dans le bassin westphalien et rhénan que parce qu'il exporte en outre de nombreux produits provenant des autres districts de son hinterland, qui se prêtent à de multiples et profitables combinaisons de frets.

Il résulte donc de l'analyse à laquelle nous venons de nous livrer que l'étendue de l'hinterland du port d'Anvers n'est pas déterminée uniquement, ni même principalement, par les voies de communication nombreuses et variées qui en facilitent l'accès.

Le bon marché du coût de la mise en cale que l'on rencontre à Anvers et les combinaisons de frets multiples et variées que l'on peut y réaliser sont des éléments qui, en des cas fréquents, font pencher la balance en faveur de ce port, malgré d'autres circonstances qui lui sont défavorables.

De cet examen détaillé de la question de l'hinterland, on peut tirer deux conclusions pratiques.

D'abord, Anvers étend son action sur un territoire énorme, dont la Belgique ne constitue qu'une partie

modeste, tant au point de vue de la superficie que de la population. Les besoins des habitants de cet hinterland sont identiques et permettent, dès lors, des importations homogènes, qui se présentent en grandes quantités et de par leur nature se prêtent en général à des affrétements par chargements entiers, sur la base de chartes-parties.

Ensuite, il n'est pas possible pour Anvers de lutter avec les ports concurrents par la diminution artificielle du coût du transport continental, parce que les voies navigables et les voies ferrées échappent en majeure partie à son contrôle. Anvers doit donc compter avant tout sur ses avantages locaux ; il doit être le port le mieux outillé, le plus étendu et le meilleur marché.

Le trafic général du port d'Anvers — Statistiques
Les quantités de marchandises : insuffisance des sorties par rapport aux entrées — La nature des marchandises : classes différentes de navires qui les importent ou les exportent

Si l'on consulte les statistiques du mouvement des ports, on constate qu'Anvers est le second port du continent, suivant de très près et dépassant même parfois Hambourg. En 1903 (1), on relevait en effet 9 398 000 tonnes de tonnage net pour Anvers contre 9 618 000 tonnes pour Hambourg.

Cependant, ces chiffres ne correspondent pas absolument à la réalité.

Nous remarquerons d'abord qu'ils doivent subir, en ce qui concerne Anvers, une correction importante par suite

(1) Nous citons les chiffres de 1903, qui représente une année normale : ceux de 1904 ont été influencés par certaines circonstances exceptionnelles et ceux de 1905 par les aggravations du nouveau tarif douanier allemand et la grève de Rotterdam.

de ce fait que le nombre de tonneaux de jauge nette belge est plus élevé pour un même vapeur que le chiffre allemand ou anglais. Car, d'après les règles adoptées en Allemagne et en Angleterre, la réduction pour les soutes est fixée uniformément à 32 °/₀, tandis qu'en Belgique on mesure exactement les soutes pour en déduire l'espace du tonnage brut.

Ensuite, envisageant la question d'une manière plus générale, on peut se demander s'il est exact de se fonder sur le tonneau de jauge nette pour mesurer l'importance du trafic d'un port. Il arrive souvent, en effet, à Anvers surtout qui est un port d'escale, qu'un navire compte dans les statistiques pour plusieurs milliers de tonnes nettes registres, alors qu'il n'est venu charger ou décharger que quelques centaines de tonnes de marchandises. Et, du reste, si le nombre de tonneaux de jauge nette doit servir de base d'appréciation, pourquoi n'est-il jamais parlé dans les statistiques de Ste-Croix de Ténériffe, par exemple, que son tonnage net classe immédiatement après Brême ?

D'autre part, prendre pour base des statistiques du mouvement d'un port la valeur des marchandises, est également erroné.

La valeur des marchandises est affaire de commerce et non affaire maritime. Si, demain, l'or et les diamants du Transvaal et de l'Orange passaient tous par le Cap, on pourrait dire que le Cap devient de ce chef un plus grand port de mer, alors qu'en réalité il ne faudrait même pas un navire de plus pour transporter le surcroît d'exportations.

C'est donc, à notre avis, d'après la quantité et la nature des marchandises manipulées et payant un fret de mer qu'il faut apprécier le mouvement d'un port et en opérer le classement par ordre d'importance.

Or, à ce point de vue, Anvers descend au troisième rang des ports continentaux avec un trafic qui a atteint

12 404 096 tonnes en 1903. La première place est prise par Rotterdam, par où passent annuellement 17 000 000 tonnes poids de marchandises et la seconde par Hambourg, qui en reçoit et expédie environ 15 000 000 de tonnes poids.

Ce total de 12 404 096 tonnes se décompose en : 6 898 477 tonnes à l'importation et 5 505 619 à l'exportation ; soit, pour le trafic à la sortie, un déficit de 1 393 000 tonnes.

Il faut donc constater une assez notable insuffisance des sorties, comparées au mouvement des entrées, et l'on pourrait conclure de ce fait, au point de vue du commerce maritime, à une situation très désavantageuse pour le port d'Anvers.

En effet, dans son exploitation, l'armateur se fonde surtout pour apprécier une affaire sur ce principe absolu qu'il doit employer continuellement son navire, de jour et de nuit, sans interruption, afin d'en retirer un bénéfice suffisant.

C'est cet emploi continu de son navire que l'armateur a principalement en vue dans tous ses calculs. Il ne dira pas : de X à Y, mon navire sera employé pendant autant de jours au transport de telle marchandise, donc le fret doit me rapporter autant de francs, mais il dira : si je vais de X à Y, je trouverai à ce dernier port un fret immédiat pour un port Z, d'où je pourrai partir à nouveau avec un chargement.

L'armateur établit donc son calcul du fret non pas sur la base d'un voyage simple, mais sur ce qu'il appelle un *round*, un voyage circulaire.

Supposons, par exemple, qu'un navire se trouve en Z et qu'il lui soit offert deux chargements de même nature pour le port A ou pour le port B, tous les deux équidistants de Z et équivalents sous tous les rapports (frais de port, rapidité du déchargement, etc...); supposons aussi que l'armateur ait la certitude de trouver un chargement

de sortie en A, tandis qu'il a la certitude égale de ne pas en trouver en B et d'être forcé de relever sur C. Il est évident que le fret Z-A ne peut être le même que le fret Z-B, parce que les frais du voyage de B à C, pendant lequel le navire ne rapporte rien, viennent grever le compte du voyage Z-B, et qu'aux frais de relève il faut ajouter encore une partie des frais de port en C où se prendra le chargement de sortie.

C'est par application de ces principes qu'on demandera 15/ par voilier pour l'Afrique du Sud, mais qu'on acceptera 13/ ou 14/ pour l'Australie, qui est cependant plus éloignée, uniquement parce qu'on peut y trouver immédiatement un chargement de retour, tandis que de l'Afrique du Sud, on sera obligé de relever en lest, soit sur l'Australie, soit sur l'Asie, pour trouver un nouveau chargement, au prix de doubles frais de port et du coût du ballastage.

De même, il est possible aujourd'hui (6 mars) de transporter du ciment d'Anvers à St-Jean-de-Terre-Neuve à raison de 8/, parce que le vapeur trouvera un retour assuré, à l'ouverture des ports de l'Amérique britannique.

C'est donc la question du fret de retour qui domine le marché des frets. Le fret demandé pour un port déterminé sera d'autant moins élevé, toutes choses égales d'ailleurs, que le navire sera assuré de trouver dans ce port un bon fret de retour.

Il est frappant de voir comment les deux frets s'équilibrent exactement. Il y a 6 mois, on payait de Cardiff à Buenos-Aires 7/6 pour le charbon, mais le grain s'affrétait à raison de 17/6 pour l'Angleterre ou le continent. Actuellement que les retours de La Plata ne paient plus que 13/ à 13/3, le charbon de Cardiff paie 12/9 à 13/.

En tenant compte de ces explications, dans le détail desquelles nous avons cru devoir entrer, on comprendra l'importance de la question que nous soulevions plus haut,

en constatant l'insuffisance des sorties du port d'Anvers par rapport aux entrées.

On peut se demander, en effet, si cette constatation ne révèle pas une situation désavantageuse pour Anvers, qui n'assurerait pas aux navires qui entrent dans son port un fret de retour suffisant, puisque les statistiques attestent un manquement notable aux sorties comparées aux entrées, manquement qui s'élève jusqu'à 23 %. Il en résulterait, d'après ce que nous avons dit plus haut, que le fret serait défavorable à Anvers, à cause de cette insuffisance des retours.

Nous répondrons à cela, d'abord que les ports concurrents du nôtre, et notamment Rotterdam et Hambourg, n'accusent pas une situation meilleure. Rotterdam reçoit 11 500 000 tonnes et n'en expédie que 5 500 000, et pour Hambourg la proportion est sensiblement la même.

Ensuite, l'insuffisance des sorties que la statistique accuse à Anvers, est plus apparente que réelle.

Ce que l'armateur prend surtout en considération, c'est la tonne *payante*. Supposons, par exemple, qu'un navire importe de Bilbao 2 tonnes de minerai de fer payant un fret net de fr. 5,50 la tonne. Ce minerai est transformé en une machine pesant 750 kgr., mesurant 2 mètres cubes et payant sur la base des tarifs actuels d'Anvers à Bilbao 22/ les 1000 kgr., soit donc 21,00 francs.

Dans ce cas, les statistiques montreront un déficit des exportations puisqu'il est entré 2000 kgr. et qu'il en est sorti 750 kgr. seulement. En réalité, il y aura égalité au point de vue du tonnage *employé*, mais pour l'armateur la sortie aura été plus avantageuse que l'entrée.

De plus, si nous analysons la statistique des exportations pour Anvers, nous voyons qu'un grand nombre de marchandises paient non au *poids*, mais au *cube*, sans qu'il soit possible d'en déterminer d'une façon exacte la proportion.

Or, les statistiques que nous examinons renseignent seu-

lement le *poids* des marchandises exportées ou importées. En appliquant certains coefficients fournis par la pratique, mais suffisamment exacts, on peut redresser les statistiques sur ce point.

Et l'on constate alors qu'il faut augmenter le total des tonnes payantes à la sortie de 1 080 000, représentant les marchandises payant *au cube* et le total des tonnes à l'entrée de 108 000 seulement.

On obtient ainsi :

A l'importation :	6 898 477	tonnes (poids)
	+ 108 000	tonnes (cube).
	7 006 477	tonnes.
A l'exportation :	5 505 619	tonnes (poids)
	+ 1 080 000	tonnes (cube).
	6 585 619	tonnes

ce qui réduit sensiblement l'écart entre les importations et les exportations.

Dans ce qui précède, nous avons considéré le trafic général du port d'Anvers au point de vue des *quantités* de marchandises qui y entrent ou qui en sortent. Nous avons maintenant à l'examiner au point de vue de la *nature* des marchandises, qui sont l'objet de ce trafic.

A cet égard, on peut distinguer, dans le mouvement général du port d'Anvers, tant à l'importation qu'à l'exportation, un triple courant de marchandises, d'après les classes différentes de navires qui les importent ou les exportent.

Dans une première catégorie, figurent, à l'*importation*, les marchandises qui, apportées par chargements entiers, font en général l'objet d'un affrétement par charte-partie et sont pour la plupart transportées par les *tramps* ou navires vagabonds, qui n'appartiennent pas à une ligne régulière de navigation.

On relève dans cette catégorie les natures suivantes de marchandises : (1)

	tonnes		tonnes
Froment	1 727 000	Phosphates	14 505
Seigle	59 000	Son	23 898
Orges et escourgeons	295 398	Minerais de fer	662 658
Avoine	75 816	Soufre	19 197
Maïs	483 991	Matières minérales non dénommées	928 821
Riz non pelé	30 986	Plomb non ouvré	60 867
Graines de lin	156 200	Résines et bitumes non dénommées	268 491
Graines d'arachides	16 482	Sucres bruts et raffinés	17 516
Bois de construction	458 683	Bois de teinture	33 165
Houille	224 688	Pâte de bois	74 600
Sel raffiné et brut	55 648		
Guano	18 723		

Total : 5 708 333 tonnes.

Ce premier groupe de marchandises importées en majorité par des *tramps* comprend donc près des 9/10 du total des importations du port.

Le second groupe est beaucoup moins important et comprend les marchandises qui sont presqu'exclusivement importées par des *navires réguliers*.

	tonnes		tonnes
Café	36 302	Produits chimiques non dénommés	73 144
Cacao	5 502	Huile de pétrole raffinée	162 558
Caoutchouc	7 863	Tabacs	15 598
Riz pelé	49 157	Teintures et couleurs non dénommées	41 330
Os et cornillons	15 331	Tissus	12 312
Matières animales non dénommées	14 018	Graines de colza et de navette	75 074
Chanvre	13 865	Graines d'œillette et de pavot	24 628
Coton	83 173	Graines de ricin	15 945
Laine	70 981	Graines de sésame	32 864
Fonte brute	52 067	Vins	17 597
Peaux brutes	39 149		

Total : 849 456 tonnes.

(1) Tous ces chiffres sont extraits du *Tableau général du commerce de la Belgique avec les pays étrangers. Année 1904.*

Pour l'*exportation* par mer, les chiffres qui attirent l'attention sont les suivants :

	tonnes		tonnes
Amidons et fécules non alimentaires	10 572	Fer ébauché	3 467
Bois ouvrés	66 621	Fer étiré	44 136
Bougies	5 026	Poutrelles	152 609
Conserves alimentaires	12 850	Rails	22 062
Cordages	6 518	Tôles	119 467
Eaux minérales	10 656	Fer battu, étiré ou laminé	470 750
Drogueries non dénomm.	13 091	Fer ouvré	152 276
Fils de coton, laine et lin	13 920	Plomb	28 674
Liquides alcooliques	12 112	Zinc	41 717
Machines mécaniques et outils	45 016	Meubles	3 866
Mécaniques, machines et outils en fer et fonte	53 687	Ciments	422 815
Merceries et quincaillerie	19 496	Papiers et cartons	43 798
Acier fondu	170 327	Faïences et porcelaines	17 487
Acier en barres, feuilles et fils	425 740	Produits chimiques	104 593
Acier non dénommé	56 317	Sucres	123 348
Cuivre battu, étiré et laminé	5 205	Tissus de coton	20 571
Fonte brute	42 037	Tissus de laine	3 506
Fonte ouvrée	30 589	Verreries communes	12 224
		Verreries ordinaires	28 408
		Glaces	32 189
		Verres à vitre	97 577

Total : 2.945.320 tonnes.

On remarquera que cette troisième catégorie, qui comprend les principales marchandises exportées par le port d'Anvers, se compose presqu'exclusivement de produits manufacturés.

Or, par opposition aux deux premières catégories intéressant l'importation, le transport de ces marchandises est opéré par des *navires affectés aux services réguliers*.

C'est là une organisation spéciale au port d'Anvers. Ce sont des courtiers maritimes qui sont à la tête de ce trafic. Ils ne sont pas eux-mêmes armateurs ou propriétaires de navires et ne disposent pas pour ces transports de lignes régulières de navigation. Mais ils font appel à des *tramps*, qu'ils affectent au service régulier et c'est en cela que le transport des marchandises de cette troisième

catégorie diffère du transport des marchandises de la première, qui est opéré presqu'en entier par des *tramps* ordinaires.

Nous donnerons plus loin l'explication de ce fait que nous nous bornons à constater ici.

Anvers, place et port d'importation

Dans le chapitre précédent, nous avons essayé de caractériser l'ensemble du mouvement du port d'Anvers, tant à l'importation qu'à l'exportation, et nous avons indiqué les quantités et les natures de marchandises qui alimentent ce mouvement.

Nous nous proposons maintenant de considérer séparément et d'une manière plus détaillée, dans ce chapitre-ci, l'importation, et dans le suivant le commerce d'exportation de la place d'Anvers. Après quoi, il ne nous restera plus qu'à étudier la fonction transitaire du port.

Les chiffres que nous avons donnés plus haut attestent l'importance d'Anvers comme port d'importation. Mais Anvers ne se contente pas de recevoir ces marchandises nombreuses et variées, il est aussi un grand marché de produits d'importation.

C'est le fait que nous voudrions mettre en valeur pour le moment.

Rappelons d'abord qu'Anvers ne pourvoit pas seulement aux besoins de la Belgique, mais encore aux besoins d'une partie des pays limitrophes.

La France, en règle générale, ne peut être comptée au nombre des clients de notre port. Cette clientèle lui échappe, par suite surtout de la surtaxe d'entrepôt qui peut atteindre 2 fr. 40 aux 100 kilogrammes et qui frappe les marchandises non importées directement par un port français.

Le principal client du port d'Anvers est l'Allemagne. Une lutte très âpre pour la prépondérance s'est engagée entre les ports de Brême, Hambourg, Rotterdam et Anvers. A l'heure actuelle, la situation respective des rivaux paraît être la suivante.

Anvers a la prépondérance dans la Westphalie et le pays rhénan pour toutes les marchandises que nous avons rangées plus haut dans la seconde classe des marchandises importées.

Rotterdam arrive bon premier pour l'importation de marchandises lourdes (minerais de fer, charbons, phosphates, etc...).

Amsterdam, Brême et Hambourg se disputent le reste du trafic, les ports allemands étant singulièrement favorisés par les tarifs de leurs chemins de fer.

Le principal commerce anversois est celui des grains et dérivés : graines oléagineuses, etc., etc. Anvers en fournit au pays entier, puis en exporte pour l'Allemagne principalement. De 1 726 000 tonnes de froment arrivées en 1903, 364 245 ont été réexportées, 235 000 prenant le chemin de l'Allemagne, 100 000 tonnes celui des Pays-Bas et 10 000 celui de la Suède. Des 60 000 tonnes de seigle, 12 000 vont à l'étranger.

Il est réexporté de même 15 000 tonnes d'escourgeons et d'orge, 38 000 tonnes d'avoine et 127 000 tonnes de maïs, l'Allemagne restant toujours le gros client.

Ce chiffre ne représente pas du reste le commerce total de grains fait par la place d'Anvers. Rotterdam, qui reçoit annuellement environ 5 millions de tonnes de grains et graines, est tributaire comme marché de la place d'Anvers. La majeure partie des grains et graines qui transitent par Rotterdam sont dirigés sur ce port par les importateurs anversois qui y débarquent de préférence les vapeurs affrétés de la Mer Noire et de l'Azof aux termes de la *Berth note* et les vapeurs de La Plata affrétés avec la clause du contrat 20 de Londres, parce que le décharge-

ment plus rapide à Rotterdam permet d'obtenir de meilleurs frets, et ensuite parce que, pour leurs ventes CIF (rendu destination), destination rhénane et suisse, ils y trouvent des allèges à meilleur compte.

Il est évident que cet énorme commerce a une influence sur les prix des céréales, car plus les quantités travaillées sontgrandes, plus la proportion des frais généraux diminue.

Pour les autres produits d'importation, le tableau suivant résume la situation.

	Importations	Réexportations
Minerais de fer	662 000	206 000
Minerais non dénommés	928 000	385 000
Soufre	19 000	10 000
Pétrole	162 000	15 000
Coton	83 000	31 000
Laines	70 000	24 000
Peaux	39 000	23 000
Tabacs	15 000	6 000
Bois de teinture	33 000	9 000
Arachides	16 000	10 000
Colza et navette	75 000	39 000
Graines de coton	7 000	4 000
Graines de lin	156 000	57 000
Œillette et pavot	24 000	12 000
Sésame	32 000	26 000
Vins	17 000	6 000
Café	36 000	9 000
Cacao	5 000	2 500
Caoutchouc	7 750	6 500

Dans cette liste figurent uniquement les produits qui ont pu faire, et qui, selon toute probabilité, auront fait l'objet d'une transaction commerciale sur la place d'Anvers.

Si l'on considère que 33 °/₀ des produits importés sont réexportés, on doit admettre que de ce chef uniquement

Anvers épargne à la Belgique 1/3 des frais généraux nécessaires à l'achat de ses matières premières. Si l'on tient compte en outre de toutes les marchandises *traitées* à Anvers mais dirigées sur les ports étrangers, comme c'est le cas pour les grains dont nous parlions plus haut, on arrive à un pourcentage plus élevé encore que les 33 %. Enfin, remarquons que ce commerce fait vivre plusieurs milliers de ménages.

Anvers, place et port d'exportation

Si maintenant nous considérons Anvers comme place d'exportation, nous avons à distinguer sous ce rapport un double point de vue : 1° l'exportation des capitaux ; 2° l'exportation des produits.

1. — Anvers est en effet un centre important d'exportation de capitaux, qui s'est constitué et développé comme un corollaire naturel du commerce intense d'importation que nous avons décrit précédemment.

D'importantes maisons d'importation anversoises, s'étant trouvées en relations suivies avec l'étranger, ont eu l'occasion d'étudier des placements rémunérateurs à opérer dans les pays d'outre-mer ; elles ont trouvé des hommes capables de diriger les entreprises créées à la suite de ces études, elles ont fourni des personnalités inspirant confiance aux prêteurs d'argent, et de la sorte s'est constitué au sein du port d'Anvers un véritable marché pour le placement de capitaux belges à l'étranger.

La nature même des principales marchandises importées par Anvers a déterminé la nature des placements opérés.

Ce sont, en effet, les produits de la terre et presque exclusivement des produits végétaux et animaux qui forment le gros des importations anversoises, et si l'on examine d'autre part le but que se proposent les sociétés

financières qui se sont constituées à Anvers, on remarquera qu'il s'agit surtout de sociétés agricoles, pastorales, hypothécaires, ayant pour base l'exploitation de biens-fonds.

Il semble naturel, par exemple, qu'un exportateur de peaux de La Plata demande à son meilleur acheteur d'Europe d'entreprendre l'élevage du bétail à compte commun. On comprend tout aussi facilement qu'un exportateur de céréales, en contact quotidien avec les propriétaires fonciers et au courant de leurs besoins d'argent, soit frappé des bénéfices que l'on pourrait faire en se substituant aux petits prêteurs usuriers, surtout si le régime hypothécaire est bien organisé.

De là à demander l'appui des établissements puissants avec lesquels il se trouve en rapports journaliers, il n'y a qu'un pas, et il semble qu'il ne faut pas chercher ailleurs les raisons pour lesquelles Anvers s'est spécialisée dans les opérations foncières plutôt que dans les opérations commerciales proprement dites, auxquelles il semblerait pourtant que dût la préparer son commerce d'exportation.

Mais ces opérations sur biens-fonds conservent toujours la préférence des capitalistes, par suite de la sûreté du gage qu'elles offrent ; elles ont trouvé spécialement chez les capitalistes belges une clientèle particulièrement bienveillante.

C'est ainsi qu'Anvers s'est intéressée à de grandes entreprises d'élevage, à des entreprises d'achats et de ventes de terrains pour près de 200 millions dans la République argentine, au Brésil, en Uruguay, au Paraguay.

Parmi les sociétés congolaises, les deux plus importantes sont d'origine anversoise.

Les banques que nous créons à l'étranger sont des banques hypothécaires, comme par exemple celles qui ont été fondées en Égypte.

Enfin, plus récemment, Anvers s'est intéressée à la

création et à l'exploitation de nombreuses entreprises de chemins de fer et de tramways, autant d'affaires qui impliquent une concession réelle et des garanties immobilières.

Or, si, comme nous l'avons dit, ces placements de capitaux à l'étranger, opérés par l'entremise de la place d'Anvers, peuvent être considérés comme un corollaire des importations du port, il faut constater d'autre part que ces exportations de capitaux favorisent à leur tour ces mêmes importations.

Car, créées par des importateurs, il est naturel que ces entreprises favorisent surtout l'importation. Ensuite, les entreprises foncières, comme par exemple les banques hypothécaires égyptiennes, doivent payer leurs intérêts en Europe. Si donc le pays débiteur ne veut pas toucher à sa réserve d'or, il doit se créer des créances là où il doit payer sa dette, en y vendant des produits. C'est donc encore une fois l'importation qui se trouve favorisée.

Les deux termes : importation de marchandises et exportation de capitaux se commandent l'un l'autre, ils se fécondent mutuellement pour donner une importance croissante aux importations.

On peut se demander enfin, si les exportations de capitaux entendues de la manière que nous venons de décrire sont avantageuses pour le pays ?

Nous ne le croyons pas. Une somme déterminée, 30 ou 50 millions par exemple, prêtée pour trente ans avec des garanties immobilières, ne fait pas vivre un seul de nos travailleurs. Cette même somme employée à la construction d'un tramway procurera, il est vrai, d'importantes commandes à l'industrie nationale, mais il faudra attendre dix ou quinze ans avant de recevoir de nouveaux ordres pour le renouvellement du matériel.

Au contraire, la même somme employée en affaires commerciales, en supposant que le crédit moyen demandé par les négociants d'outre-mer soit de 12 mois, permettrait de faire au moins pour une somme égale d'affaires

par an. Or, la Belgique vit de son travail et plus l'argent qu'elle exporte fournira de travail à ses travailleurs — ce mot pris dans son acception la plus large — meilleur sera l'emploi de cet argent.

On pourrait objecter, peut-être, que le courant d'importations que les opérations financières anversoises suscitent et développent constitue une rémunération suffisante. Mais il ne faut pas oublier que finalement les produits se paient par les produits et que le mouvement d'importation se créerait également, si, au lieu de nous mettre en contact direct avec les producteurs, en les soutenant de notre argent, nous nous étions unis avec eux, indirectement, par le commerce.

2. — Des différents ports belges, Anvers est le seul qui entretienne des relations d'exportation avec l'étranger. Nous avons donné plus haut le détail de ce commerce d'exportation et nous ajoutions, que, par opposition à l'importation, qui s'effectue au moyen de *tramps* et de vapeurs appartenant *à des lignes régulières*, l'exportation, qui est alimentée presqu'exclusivement par des produits manufacturés, s'effectue par des *navires affectés aux services réguliers*.

Le moment est venu de donner l'explication de ce fait.

Nous avons dit que les importations par *tramps* ou navires vagabonds dépassent de loin (9/10) les importations de marchandises qui nous arrivent par les lignes régulières (1/10). Néanmoins, il ne sort annuellement en lest que 18 °/₀ environ du total des navires entrés. Il faut donc admettre que les autres navires trouvent à s'employer dans un trafic régulier. Tel est en effet le cas.

Anvers est par excellence le port où se créent le plus de lignes soi-disant régulières. Son hinterland très dense, très étendu, offre des ressources immenses. C'est là un fait que le courtier anversois sait mieux que personne. Si donc il s'offre au marché une partie importante de mar-

chandises, quelques milliers de tonnes, pour un pays avec lequel Anvers a des relations suivies, le courtier anversois n'hésite pas à enlever le lot en spéculation et à en entreprendre le transport à des conditions exceptionnelles de bon marché, bien qu'il ne possède pas un seul navire.

Son contrat lui laisse toujours certaine latitude quant aux dates d'expédition, et il est donc tranquille sous ce rapport.

Avec le lot de marchandises dont il dispose, il est certain de pouvoir, au pis aller, expédier un navire, auquel il ne manque par exemple que 25 °/₀ de son chargement, sans faire trop de pertes. Le courtier commence alors la campagne annonçant un nouveau service régulier, avec une date de départ correspondant approximativement à celle qui lui est imposée par son contrat de base. Il réunit toutes les marchandises qu'il peut trouver au meilleur prix que la concurrence lui permet d'obtenir, et une fois le moment venu d'expédier son navire, il puise dans le tonnage disponible, toujours abondant, le tonnage qui lui est nécessaire, en affrétant un navire.

Or, ce courtier a deux avantages sur la ligne régulière. En premier lieu, il ne partira jamais qu'avec un navire plein ou presque plein, puisqu'il n'est pas obligé de partir à date fixe et qu'ensuite, pouvant choisir son navire, il le prendra, autant que possible, juste assez grand pour ses marchandises. La ligne régulière au contraire doit éventuellement partir avec un vide considérable et ne peut jamais changer le tonnage du navire qu'elle expédiera, son choix se restreignant forcément aux navires qu'elle possède.

On comprend donc facilement que le courtier spécule avec de grandes chances de succès, puisque au départ il n'expédie jamais que des navires avec un maximum de rendement. Ceci se traduit par des frets inférieurs à ceux des lignes régulières, du chef de la sortie seulement. Mais il faut encore tenir compte d'un autre élément : le retour.

Un navire d'une ligne régulière doit revenir, au bout d'un temps assez court, au port de départ. Il est donc très limité dans le choix de ses retours et obligé d'accepter tel chargement qui se présente et qui varie nécessairement avec la saison, puisqu'il s'agit en général de produits du sol. Un navire affrété au contraire n'a d'obligations d'aucune sorte. Il peut repartir avec un chargement pour une destination absolument différente du port d'où il vient. Le courtier anversois ne se préoccupe même pas du retour, mais l'armateur ayant la plus grande latitude dans le choix de la destination ultérieure de son navire, est amené par l'effet de la concurrence à donner à l'affréteur, à la sortie, le bénéfice presque complet du meilleur retour qu'il a la faculté de prendre.

Sous tous les rapports donc le courtier anversois est dans une situation meilleure que la ligne régulière. Or, par l'effet de la concurrence, c'est finalement le commerçant qui profite de la lutte. Il est certain cependant que ces *services réguliers* présentent certains aléas. Ils n'offrent pas, quant à la régularité des départs, les mêmes garanties que les *lignes régulières*. Ceci peut présenter pour le fabricant une perte parfois sensible. Le fabricant fait l'avance du salaire, des matières premières, il use ses machines et il n'est payé que contre remise des documents d'embarquement. Plus vite donc il est payé, mieux cela vaudra pour lui. Or, il arrive qu'il doive attendre ses connaissements tout un mois et perdre l'intérêt de son argent pendant ce laps de temps. Donc le fabricant prudent s'assure contre ces retards éventuels en exigeant un avantage suffisant sur le fret. En fin de compte, on peut cependant dire que le solde est en faveur des exportateurs.

Enfin, il importe de faire remarquer que ces services réguliers, de par la concurrence qu'ils créent, limitent et mettent, dans une certaine mesure, un frein aux exigences des syndicats. On connaît le fonctionnement de ces syndicats ou conférences. Un certain nombre de lignes englo-

bant les ports les plus importants pour un rayon déterminé, se groupent et annoncent que dorénavant elles n'accepteront plus les marchandises qu'à certains frets spécifiés avec un *chapeau* de 10 °/₀. Si pendant un certain laps de temps, ordinairement 18 mois, le chargeur n'expédie aucune marchandise par les navires concurrents, il lui sera ristourné les 10 °/₀ de *chapeau* payés pendant les douze premiers mois. On continue de la sorte d'année en année, en s'arrangeant toujours de façon à conserver, comme gage de fidélité, 10 °/₀ des frets payés pendant les six derniers mois. Le chargeur est donc livré pieds et poings liés à la conférence qui peut, si le cœur lui en dit, le faire passer par toutes ses exigences. Mais, dans un port comme Anvers, un seul embarquement par un *outsider* peut produire un bénéfice plus considérable que la perte des 10 °/₀ de chapeau. Ensuite les courtiers anversois, qui sont peut-être les plus avisés du continent, parce qu'ils sont élevés à une rude école, savent prendre les mesures nécessaires pour mettre leurs chargeurs occasionnels à l'abri des désagréments.

Donc, sous tous les rapports, Anvers, de par la nature de son trafic à l'entrée et à la sortie, offre de nombreux avantages aux exportateurs. Mais une question toute naturelle se pose : la Belgique en profite-t-elle directement ?

La réponse doit être négative, malheureusement. Le pays, en général, ne retire de cette situation qu'un bénéfice indirect, pour la raison péremptoire que neuf fois sur dix l'exportateur est un étranger.

La Belgique n'exporte directement qu'une infime quantité de ses produits. Ce sont les Anglais et les Allemands qui sont les maîtres de l'exportation de nos produits : nous nous contentons de les leur vendre FOB *(free on board)*.

On a signalé bien des fois cette situation et ce n'est pas le moment d'en rechercher ici les origines, les causes et les remèdes.

Cependant, si le pays ne profite pas directement de ces frets réduits que la concurrence anversoise offre aux exportateurs, il en profite indirectement. En effet, si le coût de la livraison FOB détermine le port par lequel le fabricant expédiera, l'exportateur achètera là où il pourra combiner le meilleur prix CIF, c'est-à-dire rendu à destination. Il se peut donc que parfois la balance penche, grâce à la réduction de fret, en faveur des produits belges. Qu'il soit cependant permis de remarquer que jamais ces frets ne favoriseront exclusivement les produits nationaux. Ces avantages s'appliqueront aussi bien aux produits allemands et aux produits français qui passent par Anvers.

La fonction transitaire du port

Dans l'étude de l'*hinterland*, nous avons montré combien la Belgique est petite, comparée à l'énorme arrière pays desservi par son grand port. Il existe donc dans le trafic général de celui-ci une large part réservée au transit. Quelle est cette part ?

Il est bien difficile de donner à ce sujet des chiffres exacts.

On peut négliger tout d'abord les quantités de marchandises étrangères qui transitent par Gand et par Ostende. Or, le transit de sortie par mer, pour la Belgique entière, représente d'après les statistiques officielles 2 830 000 tonnes. Le trafic total de sortie du port d'Anvers étant de 5 1/2 millions de tonnes, la part du transit serait donc de 51 °/₀.

Cependant, ce chiffre est manifestement inférieur à la réalité. Car, pour éviter les formalités douanières, il est avéré que beaucoup de marchandises libres de droits à l'entrée sont généralement déclarées en consommation,

même quand elles sont destinées au transit. Les statistiques sont donc faussées de ce chef et l'on ne peut admettre ce chiffre de 51 % que sous bénéfice d'inventaire.

Les mêmes statistiques renseignent également qu'il est arrivé à Anvers par terre et par rivière 3 505 000 tonnes de marchandises de l'étranger. Ceci représenterait environ 68 % du total des marchandises exportées d'Anvers. Mais, ici encore, on pourrait objecter avec raison, qu'une partie de ces marchandises n'est pas réexportée, mais consommée sur place.

Enfin, on pourrait aussi additionner les tonnages des marchandises transitant par la Belgique et qui, presque certainement, ont passé par Anvers, en destination des Indes Anglaises, par exemple, ou d'autres pays d'outre-mer, et y ajouter 50 % du trafic par fer d'Anvers, c'est-à-dire la proportion générale du transit dans l'ensemble des transports par voie ferrée en Belgique.

On arriverait ainsi à trouver que 61 % du trafic anversois provient du transit. D'ailleurs ce chiffre est également faussé par des nationalisations de marchandises destinées au transit, mais libres à l'entrée.

De ces considérations, nous concluons que la part du transit dans le trafic général du port d'Anvers est au minimum de 51 % et au maximum de 68 %. On peut donc dire que pour une tonne de marchandise belge expédiée d'Anvers, on en embarque environ 1 1/2 de provenance étrangère.

Or, cette question du transit joue un rôle considérable dans l'économie du port d'Anvers et par suite dans notre économie nationale.

Nous avons vu comment l'hinterland étendu et les nombreuses ressources qu'il offre permettent aux courtiers anversois de combiner les chargements et d'offrir des frets avantageux aux exportateurs.

Nous avons vu également comment les frets de sortie avaient une répercussion sur les frets d'entrée.

Il est un troisième élément, dont nous n'avons pas encore parlé : c'est l'*influence sur le fret de la rapidité avec laquelle les marchandises peuvent être livrées au navire, c'est-à-dire le despatch.*

S'il s'agit de produits agricoles, ceux-ci, étant récoltés chaque saison, les quantités mises à la disposition pour embarquement dépassent ce que les navires peuvent recevoir.

S'il faut embarquer des minerais, il est souvent possible de proportionner les extractions aux enlèvements. On peut fréquemment aussi augmenter la production par une augmentation de main-d'œuvre.

Pour les produits industriels, au contraire, la capacité de production journalière est strictement limitée par le rendement de l'outillage mécanique et il se pourrait qu'il soit impossible de livrer aussi vite que les vapeurs peuvent charger. Le navire pourrait donc être forcé d'attendre : or, chaque jour perdu intervient dans le calcul du taux du fret.

Un exemple fixera les idées.

Anvers reçoit chaque jour 16 navires en moyenne. Or, l'industrie belge produit annuellement 1 350 000 tonnes de fonte. Nous en importons 350 000 tonnes.

En supposant que ces 16 navires ne prennent que du fer et que le pays ne réclame pas un kilogramme des fers finis provenant de cette production, on ne pourrait livrer que 5666 tonnes par jour, soit environ 350 tonnes par navire et par jour.

Or, le navire peut recevoir et arrimer facilement 700 tonnes par jour. Un navire de 3500 tonnes laissé à la seule industrie belge ne pourrait recevoir, par conséquent, son chargement qu'en 10 jours. Et comme il pourrait, à raison de 700 tonnes par jour, terminer son chargement en 5 jours, il perd 5 jours, soit, pour un voyage de 50 jours, une augmentation de 11 % à porter au compte du fret.

Si, au contraire, on fait intervenir l'industrie lorraine avec ses 4 millions de tonnes produites annuellement, l'industrie westphalienne, avec une production annuelle de 5 millions de tonnes, on voit que l'on pourrait livrer à raison de 2225 tonnes par jour, donc 3 fois autant que le navire peut recevoir.

Ceci n'a que la valeur d'un exemple, mais on pourrait généraliser. Il en résulte que la densité industrielle de l'hinterland a une influence parfois considérable sur le taux du fret.

Il est évident qu'il est excessivement rare qu'un navire attende son chargement, mais l'usage du port et les moyens de manutention s'adaptent naturellement à ce qui peut être reçu des fournisseurs, et cette question du *despatch* se traduit par une différence de shellings et de pence dans les frets.

Enfin il est un quatrième élément qui a une action directe sur la réduction des frets : c'est le *tonnage des navires*.

Plus le tonnage augmente, plus les frais sont réduits et plus les frets sont bas.

Ainsi un vapeur de 2000 tonnes ne peut naviguer avec un équipage de moins de 19 hommes. Un navire de 4000 tonnes sera largement pourvu avec 27 hommes, état-major compris.

Ensuite, les dépenses du chef de salaire et de ravitaillement ne seront aucunement dans le rapport de 27 à 19, comme on pourrait le croire. L'état-major restera sensiblement le même pour le vapeur de 4000 tonnes que pour le vapeur de 2000 tonnes. On embarquera un, peut-être deux officiers et un mécanicien en plus, et le surplus de la différence entre les deux équipages sera constitué principalement par des chauffeurs et quelques matelots. Ceux-ci naturellement touchent des indemnités de vivre et des salaires inférieurs à ceux des officiers. On voit donc qu'il en résulte une différence sensible.

D'autre part également, le coût de la tonne-mille est de beaucoup inférieur pour un grand navire.

Un navire de 6250 tonnes consomme, par exemple, 21 tonnes de charbon pour une vitesse de 9 milles à l'heure. Un navire de 2050 tonnes consommera, pour atteindre la même vitesse, environ 9 tonnes de charbon par jour. On voit donc que, tandis que les tonnages sont dans le rapport de 3 à 1, les consommations de charbon ne sont que dans le rapport de 2 1/3 à 1, montrant une économie brute de 2/9. Et cet avantage s'accentue encore avec la distance à parcourir. Si, pour prendre un exemple concret, on suppose que les navires ont à parcourir 8000 milles marins sans charbonner, on constatera que, dans la pratique, le navire de 6250 tonnes devra emporter des soutes pour 40 jours, soit donc 850 tonnes. Il n'immobilisera que 14 % environ de son tonnage à transporter des charbons qui ne paient pas de fret. Le navire de 2050 tonnes, au contraire, devra emporter 360 tonnes et laissera donc improductives 18 % environ de sa capacité de transport.

Dès lors, un transport effectué par un navire de 6000 tonnes reviendra, toutes choses égales, à environ 1/3 meilleur marché que le transport effectué par un navire de 2000 tonnes.

Enfin, et quelque paradoxale que la chose puisse paraître, il est incomparablement plus facile de transporter de grandes quantités de marchandises vers certains ports d'un accès difficile, par de grands navires que par des navires de tonnage moindre.

En effet, la difficulté principale que les navires ont à surmonter est le faible tirant d'eau auquel ils sont limités.

Or, un navire de 2000 tonnes tire généralement 18 pieds environ. Un navire moderne de 6250 tonnes ne dépassera guère 23 pieds.

Si nous supposons maintenant deux navires, un de 2000 et l'autre de 6000 tonnes devant la barre de Forcados, par

exemple, qui n'a pas plus de 18 pieds, le premier navire entrera avec 2000 tonnes maximum.

Le second navire portera au minimum 4000 tonnes sur 18 pieds et entrera donc avec un cargo double.

Par conséquent, en combinant tous les éléments : variétés de produits, rapidité des opérations et quantités des marchandises permettant l'emploi de gros vapeurs économiques, on voit que le transit par Anvers a, sur les prix du fret, une influence directe dont le pays profite *indirectement*.

A ce seul titre, il importerait de favoriser de toutes nos forces le passage des marchandises par notre port.

Mais ce n'est pas là l'unique côté de la question; il y a aussi un bénéfice *direct* et palpable pour notre industrie résultant du fait que plus les marchandises sont abondantes, plus les départs sont possibles et fréquents.

1° Envisageons le premier point, qui se rattache très étroitement du reste à ce que nous avons dit plus haut au sujet de l'économie des transports par les gros navires.

Un départ n'est possible d'un port que du moment où il se présente une quantité de marchandises telle que le transporteur ne se trouve pas en état d'infériorité manifeste vis-à-vis d'un port voisin d'où s'exportent généralement de plus fortes quantités de marchandises.

Pour fixer les idées, prenons un exemple.

Anvers exporte en moyenne un millier de tonnes mensuellement pour la Nouvelle-Zélande; il semblerait donc que des départs directs seraient possibles.

Mais de Londres on expédie trois fois par mois des navires de 7000 tonnes environ. Dans ces conditions, il est plus économique de transborder les marchandises d'Anvers à Londres.

Or, le fret d'Anvers à Londres tombe à la charge du fabricant belge puisqu'il a à lutter contre ses concurrents anglais qui n'ont pas à payer ces frais.

Si donc à un moment donné les marchandises transitant

par Anvers étaient détournées vers un port voisin, Rotterdam par exemple, il est indubitable que beaucoup de nos marchandises nationales suivraient le même chemin, ne fût-ce que par suite de l'économie de fret qui en résulterait pour l'exportateur. Mais les frais de transport supplémentaires d'Anvers à Rotterdam tomberaient à la charge de nos fabricants.

Un autre élément viendrait encore accentuer le mouvement : en règle générale le fabricant n'exporte pas, cette fonction est laissée à l'exportateur. Celui-ci ne tire pas ses produits d'un seul pays ni d'un seul fabricant. D'autre part, il a intérêt à présenter au transporteur des lots de marchandises aussi importants que possible, puisque de cette façon il peut peser sur les frets et obtenir de bien meilleures conditions. Si donc le centre du transit se déplaçait, il est certain que beaucoup de produits belges seraient entraînés par le fait qu'ils font partie de lots qu'il est dans l'intérêt de l'exportateur de ne pas scinder. Encore une fois, les frais de transport supplémentaires retomberaient directement ou indirectement à la charge de l'industrie nationale.

2° Il est incontestable que plus la quantité des marchandises manipulée par un port est considérable, plus les départs sont fréquents.

En règle générale, le fabricant est payé contre présentation des documents d'embarquement. Donc, plus les départs seront rapprochés, plus il aura de chances d'expédier sa marchandise, de recevoir les connaissements et de rentrer dans ses fonds.

La fréquence des départs épargne par conséquent à la nation en général un certain nombre de jours d'intérêt sur tous les produits qui passent par Anvers.

Cet intérêt ne doit pas se calculer sur le bénéfice net moyen ou l'intérêt généralement payé aux capitaux, mais bien sur un chiffre beaucoup plus considérable, et ceci pour deux raisons.

La première est que le crédit généralement accordé ne dépasse pas trois mois ; si donc un fabricant fait un bénéfice net de 5 °/₀ sur une expédition, ce bénéfice se renouvelle quatre fois par an et le gain est par conséquent de 20 °/₀.

Ensuite, parce que le fabricant qui emploie les capitaux dans son industrie doit leur faire payer d'abord son activité personnelle, ses connaissances, ses employés de toute classe et les risques qu'il encourt. Il remploiera donc ses fonds non pas au taux que lui paiera son banquier, mais au taux qu'il obtient en les fécondant par son travail.

On peut ainsi fixer à un chiffre moyen de 15 à 20 °/₀ l'intérêt annuel brut que rapporte l'argent employé dans l'industrie.

Pour apprécier maintenant le bénéfice réalisé par la nation grâce à des départs plus fréquents, supposons un instant que l'hinterland étranger d'Anvers vienne à disparaître.

Comme il est impossible de modifier du jour au lendemain le matériel naval qui doit servir au transport des marchandises, nous devrons logiquement admettre que le tonnage des navires ne changera pas et qu'il leur faudra un minimum de chargement à chaque escale à Anvers, égal à celui qu'ils viennent y prendre actuellement.

Or, comme les marchandises se présenteront en moindre quantité, il sera nécessaire d'espacer les départs.

Pour fixer les idées, supposons que le commerce d'exportation — transit et national — passant par Anvers pour les États-Unis soit de 560 000 tonnes pour un an. Ces marchandises sont enlevées par 260 navires. Chaque navire enlève donc 3165 tonnes. Or, les transports de marchandises nationalisées représentent un tonnage de 397 000. Il ne pourrait dès lors y avoir que 160 départs par an, donc un départ tous les 2,4 jours en moyenne au lieu de tous les 1,4 jours comme c'est le cas actuellement.

Il en résulterait par conséquent un retard moyen de

1 jour sur l'ensemble des expéditions des produits nationaux et nationalisés.

Or, leur valeur est de 94 000 000 francs, et l'intérêt sur cette somme représente environ 53 000 francs.

Mais on comprendra facilement l'invraisemblance de la supposition qui a servi de base à ce calcul. Il est impossible que du jour au lendemain l'hinterland étranger disparaisse. Ce qui peut arriver, c'est que l'exportation soit détournée vers un port concurrent d'Anvers. Dans ce cas, nos propres produits, d'après ce que nous avons dit plus haut, suivraient le même chemin et le résultat serait tout aussi désastreux, puisqu'il faudrait en premier lieu payer un plus long transport par terre, et que le fabricant attendrait plus longtemps avant de rentrer en possession son argent.

Il est impossible de calculer même approximativement le dommage que nous subirions, mais il est presque certain que nous nous trouverions pour bien des produits dans une situation manifestement inférieure à celle de nos concurrents allemands : nous nous verrions forcément évincés pour beaucoup de marchandises.

Observons aussi que pour détourner ce trafic de transit, il ne faut pas que tous les produits soient entraînés vers un même port. Il suffit qu'une partie, soit le fret lourd, soit le fret léger, prenne le chemin d'un port concurrent.

Nous avons vu, par exemple, que, bien qu'à l'importation Rotterdam détienne le record et soit plus avantageusement situé qu'Anvers pour tout le bassin du Rhin et de la Ruhr, l'exportation de ces provinces passe en grande majorité par notre port, uniquement par suite des meilleures combinaisons de fret que l'on peut y réaliser. Si donc à un moment donné l'équilibre venait à être rompu, si, par suite de meilleures voies d'accès avec l'hinterland, par suite de tarifs de faveur, par suite aussi de meilleures conditions intérieures, les produits pouvaient être livrés FOB à meilleur compte à un autre port, et si les navires certains d'y trouver soit une expédition plus

rapide soit de meilleurs frets consentaient à une réduction, nous verrions petit à petit les marchandises prendre le chemin du port concurrent, d'abord en petites parties ; puis, une marchandise entraînant l'autre, les expéditions feraient boule de neige, s'augmenteraient, s'accroîtraient sans cesse, et finiraient par entraîner dans leur courant nos propres marchandises au grand dam d'Anvers, du demi-million d'habitants de notre métropole commerciale et de la nation en général.

Si demain les fers et les aciers des provinces du Rhin et de la Lorraine étaient détournés sur Rotterdam, qui nous dit qu'une partie de nos fers ne serait pas obligée de suivre le même chemin ? Ce transport supplémentaire coûterait au moins 1 sh. à la tonne et il ne resterait d'autre alternative à nos fabricants que de refuser les ordres ou, si c'était possible, de diminuer la rémunération du capital, l'amortissement de leurs installations et le salaire des ouvriers.

Qui nous dit que ce mouvement n'a pas commencé déjà ?

Rotterdam exporte annuellement 500 000 tonnes de charbon qui n'eussent jamais pris ce chemin si nous y avions pris garde.

Rotterdam étend de plus en plus son influence, Rotterdam est déjà un port plus important qu'Anvers. Au point de vue des relations par eau avec l'hinterland, il est mieux situé que nous ne le sommes. Tout comme nous, il se trouve au nœud du réseau fluvial central européen. Anvers n'a d'avantage sur lui que parce qu'il est le centre du réseau ferré et qu'il est appuyé par l'industrie belge. Mais qu'un jour la Hollande soit entraînée dans l'orbite du *Zollverein*, qu'obéissant à des préoccupations pangermanistes, l'État allemand favorise Rotterdam par ses tarifs de faveur et par toute l'admirable méthode qui préside à son organisation économique, ce jour-là il est à craindre que nos produits mêmes ne soient entraînés et qu'Anvers ne descende au rang d'un port local.

Deux mots de conclusion s'imposent.

Nous avons vu qu'Anvers s'appuie sur un hinterland étendu, riche et commerçant, avec des besoins sans cesse croissants. Sous ce rapport il est le premier port du monde.

Anvers n'a pas d'influence directe sur les voies de communication avec cet hinterland, parce que le territoire belge n'est pas assez étendu.

Anvers doit donc manipuler les marchandises à meilleur compte que ses concurrents, Anvers doit attirer les navires. Il doit renfermer tous ses avantages en lui-même, et c'est pour cette raison qu'il doit être ou devenir le port le mieux outillé, le plus facile et le moins cher de tous ses concurrents.

La prospérité d'Anvers réagit sur l'économie nationale entière ; directement ou indirectement le pays retire un bénéfice de chaque opération d'importation, d'exportation et de transit. La question d'Anvers est donc une question nationale.

ERNEST DUBOIS. MARCEL THEUNISSEN.

VII

LES PORTS ET LA VIE ÉCONOMIQUE EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE

—

Vous avez pensé que dans l'ensemble de communications présentées à votre congrès, il était nécessaire de réserver une place à la France et à l'Allemagne. Je suis très touché de l'honneur que vous m'avez fait en me priant de vous entretenir quelques instants de ces deux pays dont j'ai en effet étudié à plusieurs reprises l'activité économique et le mouvement maritime.

Ce n'est pas un examen complet que je puis songer à entreprendre ici. C'est surtout à une comparaison entre les situations respectives des ports de ces deux nations que je dois m'attacher. Si cette comparaison n'est pas, hélas, très satisfaisante pour mon amour-propre de Français, elle est du moins féconde en enseignements utiles pour tous ceux qui veulent se rendre un compte exact du rôle que les grands ports jouent actuellement dans la vie économique de l'humanité.

L'une des premières réflexions qui se présentent à l'esprit est suggérée par une considération d'ordre géographique, dont il convient de dire d'abord quelques mots. Vous savez qu'on attachait autrefois une grande importance aux ports « naturels ». Le mot *port* évoquait principalement l'idée d'une excavation qui était l'œuvre de la nature et offrait aux navires une station abritée contre les vents et les tempêtes. La main de l'homme se bornait à quelques travaux d'amélioration. Marseille, Toulon, Monaco, Nice, Constantinople avec sa célèbre Corne d'or, étaient regardés comme les plus beaux ports du monde. Mais l'observation prouve que les ports qui actuellement

se développent le plus sont ceux qui se trouvent sur l'estuaire d'un fleuve accessible à des navires d'un fort tonnage ; c'est le cas pour Londres, Anvers, Rotterdam, Hambourg, Stettin. Les ports situés sur les estuaires permettent plus aisément l'établissement de quais d'une longueur indéfinie et celui de voies ferrées qui facilitent le chargement et le déchargement des marchandises. Ils permettent plus aisément la création des magasins, des hangars, des docks indispensables. L'évolution de ces immenses navires, dont les dimensions s'accroissent sans cesse, y est plus facile. De plus, ils sont presque toujours la tête de ligne d'un réseau de navigation intérieure qui leur permet de recevoir commodément ce qui est la condition primordiale de la prospérité d'un port : le fret.

Nous verrons bientôt quelle est l'importance de cette observation générale lorsqu'il s'agira de comparer le développement des principaux ports de la France et de l'Allemagne, car en Allemagne les ports naturels n'existent pas et ce pays, par sa position géographique en Europe, semblait prédestiné à demeurer surtout un état terrien, continental et militaire.

C'est de la France, dont les traditions maritimes sont plus anciennes que celles de l'Allemagne, que je parlerai tout d'abord.

Lorsqu'on se reporte aux documents officiels, notamment au *Tableau général du commerce et de la navigation* publié chaque année par les soins du gouvernement, lorsqu'on consulte les rapports des chambres de commerce, les publications du comité des armateurs de France et des grandes compagnies de navigation, on constate d'abord que des efforts considérables ont été faits dans notre pays pour améliorer la situation des ports et accroître leur activité ; on doit même remarquer, avec satisfaction, que la plupart de ces efforts sont dus à l'initiative privée. Nos gouvernements, qui ont tant de peine à équilibrer nos

énormes budgets, se montrent plutôt parcimonieux pour ce qui est des travaux publics et de l'aménagement des ports.

Les améliorations dont je vais vous dire quelques mots ont été principalement le résultat du concours généreux des industriels, des commerçants, des simples particuliers. L'outillage d'exploitation a été en somme perfectionné, à tel point qu'il ne fait pas mauvaise figure à côté de l'outillage des ports étrangers les plus importants. Grues et cabestans, vannes et portes, écluses, machines hydrauliques de toutes sortes, prouvent l'intelligence et la science de nos ingénieurs et de nos constructeurs. Et pourtant l'activité des ports français, en dépit de ces louables efforts, n'est en rapport ni avec la peine qu'on s'est donnée, ni avec les dépenses auxquelles on a consenti.

Quelques brèves indications sur les ports principaux de la mer du Nord et de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée sont ici nécessaires.

Voici d'abord trois ports, Dunkerque, Calais, Boulogne, pour lesquels on a fait de grands sacrifices.

A Dunkerque on n'a pas dépensé depuis 1821 moins de 50 millions. Les nouveaux bassins (bassins Freycinet) sont parfaitement aménagés et entourés de voies ferrées dont le développement, non compris celui de la gare maritime, dépasse 35 kilomètres. Les engins de radoub et ceux de manutention sont remarquables, les services administratifs sont luxueusement installés.

Dunkerque bénéficie également de cette concentration industrielle et commerciale qui n'est nulle part en France aussi accentuée que dans le département du Nord, et lui procure un *hinterland* dont elle a tiré parti. C'est, je crois, de tous nos ports français celui dont le développement est en somme le plus satisfaisant.

A Calais on a creusé à grands frais de nouveaux bassins. Vous connaissez probablement le magnifique bassin Carnot. On vient de construire un nouvel avant-port

dont les quais sont fondés sur des puits descendus dans le fond sableux par un procédé spécial fort ingénieux d'injection d'eau et d'aspiration du sable.

A Boulogne on a créé une digue en eau profonde, formée d'une infrastructure en moellons, d'enrochements et de blocs surmontant une muraille en maçonnerie qui s'élève à 20 mètres au-dessus du fond. Boulogne est d'ailleurs le port le plus important de France pour la pêche.

Mais ces trois ports, si intéressants à considérer individuellement, souffrent de leur voisinage même et de la concurrence qu'ils se font entre eux. Ils sont trop rapprochés l'un de l'autre. Ils sont en outre, pour une partie de la France septentrionale, concurrencés par le port du Havre, où l'on vient de faire d'énormes travaux et de construire un port en eau profonde très vaste et très sûr. La Compagnie transatlantique y a son principal centre d'action. Elle lutte énergiquement et souvent avec succès contre les compagnies anglaises et allemandes. Aux deux navires de toute beauté, la *Savoie* et la *Lorraine*, qui ont acquis une réputation méritée, elle vient d'en ajouter un troisième, la *Provence*, qui n'a pas moins de 190 mètres de long, avec une puissance de 20 000 chevaux, dont les aménagements sont somptueux et dont la vitesse dépasse aisément les 20 nœuds réglementaires. La *Provence* vient de traverser l'Atlantique en six jours et deux heures, dépassant de plusieurs heures le fameux *Deutschland*.

Le Havre a, au surplus, la bonne fortune d'être un grand marché mondial du café, marché auquel on a su donner une organisation excellente, où le fonctionnement des opérations à terme, les caisses de liquidation et les procédés de warrantage peuvent (sauf quelques critiques de détail) être donnés comme modèles.

Mais le Havre, placé à l'extrémité même de l'embouchure de la Seine, souffre forcément du voisinage de Rouen, qui est un peu éloigné de la mer, mais qui a l'avantage d'être presque encore sur un estuaire. Rouen est

le débouché naturel de Paris, qui est lui-même le centre de rayonnement d'un système de canaux et de voies navigables se ramifiant sur une partie de la France. C'est pour ce motif que Rouen attire beaucoup plus que le Havre les marchandises lourdes, encombrantes, la houille et l'anthracite (le port en reçoit 800 000 tonnes par an), les bois, les vins d'Algérie, de Tunisie et d'Espagne, le pétrole brut, les grains, spécialement l'avoine et l'orge. Tout cet ensemble d'arrivages atteint 3 millions de tonnes. Rouen est devenu peu à peu un grand port de *transit*. C'est en vue du transit qu'ont été conçues la plupart des installations. C'est pour ce même motif qu'on a multiplié les grues flottantes. Il n'y a pas de port français où l'on voit autant de marchandises transbordées directement des navires de mer sur des bateaux fluviaux, marchandises qui repartent sans même avoir touché les quais ; d'autres ne restent à terre que le temps nécessaire pour subir certaines opérations de douane. Ajoutons que la prospérité relative du port de Rouen s'explique aussi par le développement industriel de la région avoisinante où l'industrie textile et celle des produits chimiques ont fait de réels progrès.

Si des ports de la Manche nous passons à ceux de l'Atlantique, nous constaterons qu'ils sont dans une situation plus difficile que les précédents. La raison fondamentale, c'est qu'ils drainent très peu de fret de sortie. Ils ont grandi, c'est vrai, mais ils ne doivent leur activité qu'à des éléments spéciaux de trafic. Ainsi d'importantes raffineries de sucre se sont installées à Nantes ; La Rochelle est un grand port de pêche ; Bordeaux est le centre d'un commerce considérable de vins.

Les progrès de ces différentes villes ne sont pas néanmoins satisfaisants. Ainsi Nantes, en dépit d'une certaine prospérité qu'on ne saurait méconnaître, souffre profondément de sa rivalité avec Saint-Nazaire. Nous avons vu que Rouen et le Havre peuvent être à la rigueur considérés comme deux villes complémentaires l'une de l'autre. Toutes

deux ont des traditions commerciales fort anciennes. Il n'en est pas de même ici. La création de Saint-Nazaire est récente et artificielle. Les Nantais n'ont pu voir sans dépit, vers le milieu du XIXe siècle, qu'au lieu d'approfondir la Loire, qui n'était accessible dans le voisinage de leur ville qu'à des navires d'un tirant d'eau maximum de trois mètres, on voulait créer artificiellement à Saint-Nazaire de grands bassins pour lesquels on a dépensé une trentaine de millions.

Cette création d'une utilité contestable a eu lieu entre 1850 et 1880. Elle répondait aux idées qui régnaient alors. On voulait substituer aux ports en rivière des bassins *directement ouverts sur l'océan*. Ces bassins devaient être la tête de ligne, le point d'aboutissement des voies ferrées. Les chemins de fer étaient considérés alors comme le seul mode de transport vraiment moderne. Napoléon III lui-même vint inaugurer solennellement les nouveaux bassins.

Nantes eut à souffrir. Quelques Nantais vinrent bien s'établir à St-Nazaire, mais en petit nombre ; on ne déplace pas une ville si aisément !

En réalité, on dissocia les deux éléments inséparables d'un grand port : 1° les bassins, les quais, l'outillage ; 2° le centre d'affaires, le groupement principal de population.

Les Nantais se refusant à émigrer cherchèrent à attirer les navires, à ramener à eux la navigation maritime. Ils commencèrent par entreprendre d'importants travaux dans la basse Loire, puis, après hésitation, construisirent un canal latéral qui leur permit de recevoir des navires d'un tirant d'eau de six mètres.

Ces incertitudes furent fâcheuses, car, si les quarante ou cinquante millions qui ont été dépensés tant à St-Nazaire que pour la construction d'un canal, devenu au bout de peu d'années insuffisant, avaient été franchement employés

à améliorer le cours inférieur de la Loire, on serait certainement arrivé à de meilleurs résultats.

Le canal latéral a néanmoins été pour Nantes une cause de développement. Le tonnage du port a doublé depuis qu'il est construit, et Nantes est devenue un port ouvrier. On y a créé des fabriques de biscuits, de conserves, de confiserie, d'engrais artificiels, de produits chimiques; des savonneries, des huileries, etc. C'est un débouché pour les denrées agricoles de la région et pour les vins de la vallée de la Loire. On a créé récemment dans les environs des établissements métallurgiques d'une certaine importance, des chantiers de constructions navales qui ont profité de la loi de 1893 pour construire surtout des voiliers. Nantes, ce n'est pas douteux, cherche à s'émanciper le plus qu'elle peut de St-Nazaire. Elle veut devenir un grand port de navigation. Si elle y parvient, c'est alors le sort de St-Nazaire, devenue aujourd'hui une ville de 33 000 habitants, qui est compromis. Se résoudra-t-on à la sacrifier après avoir dépensé tant de millions pour la doter d'un port auquel on vient de faire récemment de notables améliorations? La Chambre de commerce de cette ville fait les plus grands efforts pour ne pas se laisser immoler. La lutte est très vive et menace de durer longtemps encore. De plus, par derrière cette rivalité se trouve la question de la Loire navigable, gros problème qui divise depuis longtemps les meilleurs esprits. On n'a pu encore se mettre d'accord sur ce qu'il convient de faire. Est-ce la Loire elle-même qu'il faut améliorer? doit-on préférer un canal latéral? Il faut absolument se prononcer, parce qu'il faut absolument assurer à Nantes le fret lourd qui lui fait défaut.

On pourrait retrouver, en étudiant les deux ports de la Rochelle et de la Pallice, quelque chose de la rivalité que nous venons de signaler entre Nantes et St-Nazaire. La Pallice est aussi une création artificielle destinée à servir de débouché au réseau de l'État ; et ce réseau ne

se développe guère, pas plus que ne se développe l'industrie dans toute cette région. N'est-il pas permis de penser que les millions qui ont été dépensés dans ces deux ports, dont l'importance restera, sans doute, toujours médiocre, auraient été plus utilement employés ailleurs? S'il faut vraiment que quelques sacrifices soient faits dans un pays, ne sont-ce pas des ports secondaires comme ceux-là qu'il faudrait avoir le courage de négliger ?

Nous eussions mieux fait de concentrer notre attention sur le port de Bordeaux qui se trouve sur un magnifique estuaire avec eau profonde de sept mètres qu'on s'est déjà préoccupé de porter à huit. Bordeaux a un passé commercial qui est une force pour cette ville. Bordeaux est justement fière d'une grandeur et d'une prospérité qui furent telles au XVIIIe siècle, qu'à ce moment c'était le premier port de l'Europe continentale. Le régime libéral adopté en 1860 avait d'ailleurs rendu à Bordeaux, après une période de déclin regrettable, une grande activité. Cette ville était devenue et est restée partiellement le point de départ des services de navigation pour les principales contrées du monde. Mais on constate aujourd'hui un certain ralentissement sur les causes duquel je ne puis insister longuement. Il importe surtout de remarquer qu'il n'est pas la conséquence de la création de Pauillac, bel avant-port d'une profondeur de neuf mètres. Pauillac, où l'on a créé des usines, dans de bonnes conditions, est une création bordelaise, ce n'est pas pour Bordeaux une rivalité.

Si le mouvement d'affaires de Bordeaux se développe encore un peu, c'est grâce aux industries locales qui l'alimentent.

On a créé de nombreuses usines, des fabriques de bouteilles, de chocolat, de conserves alimentaires, de liqueurs, de produits chimiques, d'essence de térébenthine, de goudron végétal, etc. C'est très bien. Ce n'est pas assez !

Bordeaux a cessé d'être un centre commercial de premier ordre.

Deux branches importantes du commerce bordelais se plaignent beaucoup : le commerce du bois et celui du vin.

Bordeaux recevait jadis une quantité considérable de bois de construction (de Suède, de Norvège, de Russie, d'Amérique). Ces bois sont actuellement frappés de droits élevés (atteignant 50 °/₀ de leur valeur). L'importation a diminué des deux tiers, on cherche à les remplacer par du bois de la région pyrénéenne. Mais cela a d'autres inconvénients, et on se met en contradiction avec les efforts de ceux qui réclament, non sans raison, le reboisement des Pyrénées.

Le commerce des vins, de 3 millions d'hectolitres valant 1 milliard de francs, s'est abaissé à 1 800 000 hectolitres valant moitié moins. Cette diminution a frappé plus ou moins les industries qui se greffent sur le commerce des vins (la tonnellerie, la distillerie, diverses entreprises de transport).

Notre régime protectionniste n'a pas été favorable à cette branche du commerce bordelais. Nos viticulteurs se sont imaginé que nous avions tort d'accueillir trop facilement les vins d'Italie et d'Espagne. Ils n'ont pas remarqué que nos vins français entraient pour 1/3 dans ces coupages, qui donnaient de bons résultats, et avaient l'avantage de maintenir notre exportation, de conserver notre clientèle, tout en laissant à notre commerce un beau bénéfice (1).

La protection s'est faite en réalité au détriment des Bordelais, et c'est aujourd'hui dans des ports étrangers, principalement à Hambourg, Brême, Lübeck que se font ces coupages, ces mélanges dont bénéficiaient autrefois les commerçants de Bordeaux. Ajoutons que le commerce

(1) Cf. l'intéressant article de M. A. Marvaud, REVUE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE, février 1906, et le livre de M. Martinet, *Les Ports francs et l'Exportation des vins*.

des vins français doit compter de plus en plus avec la concurrence redoutable que leur font sur le marché mondial les vins d'Algérie, d'Italie, d'Espagne, de Crimée, de Californie. C'est ce qui explique en partie la diminution du tonnage que j'ai signalée plus haut. La chambre de commerce fait bien remarquer que Bordeaux est devenu un marché important pour la vente de la morue ! On signale également la création d'usines pour l'extraction des essences de pins landais qui, jusqu'ici, allaient se faire traiter à Londres ou en Italie, et de quelques autres fabriques. Mais ce léger surcroît d'activité ne peut répondre aux légitimes désirs des habitants. Par suite de l'insuffisance des voies fluviales et des canaux de jonction avec les bassins avoisinants, Bordeaux manque de l'hinterland auquel il aspire.

L'étude des ports de la Méditerranée n'est pas moins instructive. Je ne dirai rien de Cette qui a conservé une certaine activité grâce au commerce des vins : c'est le débouché naturel des départements où la production est la plus abondante dans notre pays. Mais Marseille, le premier port de la Méditerranée, a beaucoup de peine à conserver sa suprématie. On a fait de lourds sacrifices pour accroître les bassins ; mais l'activité de cette ville est principalement due à ce qu'elle est devenue un centre industriel ; les faubourgs se sont couverts d'usines et de fabriques de toute espèce. Marseille a perdu une partie du rôle commercial auquel elle pouvait prétendre. Elle n'est reliée à l'intérieur du pays par aucune voie navigable et il ne suffira peut-être même pas de construire un canal aboutissant au Rhône, car ce fleuve, au cours capricieux et pour lequel on n'a pas fait les dépenses nécessaires, peut être à peine considéré comme un moyen de transport pour notre pays.

Plus rapproché du centre de l'Allemagne, favorisé en outre par l'ouverture du Simplon, comme il l'avait été il y a vingt-cinq ans par celle du Saint-Gothard, le port de

Gênes fait à Marseille une concurrence terrible. Chaque année il gagne du terrain. Il l'emportera probablement d'une façon définitive dans un avenir plus ou moins rapproché.

Marseille a été, au surplus, depuis quelques années le théâtre de conflits prolongés entre le capital et le travail qui ont détourné de ce port un grand nombre de navires et lui ont fait un tort considérable. La longue grève de 1904 notamment, dont on n'a pas perdu le souvenir, a eu pour elle des conséquences désastreuses.

Si des ports français nous passons à ceux de l'Allemagne, l'impression n'est plus la même. On y trouve, il faut loyalement le reconnaître, une animation, une intensité de vie beaucoup plus considérable.

De tous les ports de l'Allemagne contemporaine, celui qui mérite de fixer tout d'abord l'attention c'est le port de Hambourg. C'est un des ports du monde dont le mouvement s'est le plus accru depuis un demi-siècle. Il est actuellement quinze fois ce qu'il était il y a cinquante ans. Le total des entrées, vers 1850, ne dépassait pas 600 000 tonnes, il est maintenant de plus de 9 millions. Les progrès sont particulièrement sensibles depuis dix ans, en dépit de la crise économique très grave par laquelle a passé le nouvel empire et dont les compagnies de navigation ont forcément ressenti le contre-coup. C'est à 3 milliards et 1/2 de francs que se chiffre le mouvement des marchandises entrant chaque année à Hambourg. Les sorties atteignent une somme à peu près égale.

Quinze mille navires, dont plus de la moitié (54 %) sont allemands, entrent chaque année dans le port. Et le tonnage à la sortie est un peu plus élevé qu'à l'entrée, ce qui prouve que les navires qui fréquentent le port de Hambourg y trouvent du fret en abondance.

Les causes de cette marche ascensionnelle sont nombreuses.

Voici les deux principales :

1° La situation géographique de cette ville ;

2° La façon dont les Allemands ont compris le rôle que Hambourg pouvait jouer dans la vie de leur pays.

1° Hambourg est le débouché d'une région, la vallée de l'Elbe, dont une partie au moins a, au point de vue industriel, et depuis longtemps, une importance considérable.

L'Elbe est une voie fluviale de premier ordre, pénétrant jusqu'au cœur de l'Europe centrale, très bien placée même le jour où le Danube sera rejoint à la Moldau, pour drainer une partie des produits de l'Autriche. Aucun de nos ports français n'est dans une situation géographique aussi favorable.

2° Les Allemands, avant même que Guillaume II eut prononcé la parole fameuse : *Unsere Zukunft liegt auf dem Wasser*, ont compris l'importance du rôle que la mer allait jouer dans la vie économique de l'humanité.

Ils ont vu que l'Elbe était une voie naturelle excellente. Ils ont travaillé avec ardeur à l'améliorer.

Ils ont fixé le lit du fleuve, ils ont pris les précautions voulues pour parer à la possibilité d'un encombrement, ils ont cherché à lui assurer de l'eau en toute saison.

Ils ont tendu une chaîne de touage jusqu'à la frontière de Bohême sur un parcours de 720 kilomètres.

Ils se sont enfin préoccupés de relier le bassin de l'Elbe aux bassins fluviaux voisins, à celui de l'Oder, et à celui du Weser.

La question de la navigation intérieure a été considérée par les Allemands comme une œuvre d'utilité nationale au premier chef. Dès 1869 avait été constituée une association — depuis elle a souvent fait parler d'elle — le *Centralverein für Hebung der deutschen Fluss- und Kanalschifffahrt*, qui a étudié entre autres questions :

1° La question du canal du Rhin à l'Elbe ;

2° La question du canal de la Sprée à l'Oder ;

3° Celle de la jonction du Danube aux fleuves de l'Allemagne du Nord (Oder et Elbe).

Une partie des travaux proposés a déjà été exécutée. Le reste viendra plus tard.

L'effort de cette association a été complété par celui qui a été fait en même temps pour organiser la batellerie.

Après s'être constitués en fédération, en *Verband*, les bateliers de l'Elbe se sont groupés autour des industriels, et ont reçu d'eux les moyens de lutter contre les chemins de fer. Ils ont créé un bureau central à Berlin, des écoles de batellerie et même un *brevet* (*Schifferpatent*), qui est aujourd'hui obligatoire sur l'Elbe et le Rhin.

Ils ont amélioré le matériel, ont construit de grands chalands longs et larges, de fort tonnage, de peu d'enfoncement, qui sont traînés par de puissants remorqueurs, ayant eux-mêmes un faible tirant d'eau. La plupart ont des propulseurs à turbines d'un système (Bellingrath-Zeuner) fort apprécié. Il faut des sécheresses exceptionnelles pour que la navigation soit momentanément interrompue.

Les Hambourgeois ont d'ailleurs considérablement aidé au développement de leur cité. Ils ont augmenté la longueur des quais, creusé de nouveaux bassins, créé l'avant-port de Cuxhaven, établi des magasins considérables et des entrepôts de toutes sortes. Ils ont fait de Hambourg un *port franc*, et cette franchise, si elle n'a pas été, comme certains l'ont prétendu, la cause unique du merveilleux essor de Hambourg, a contribué du moins puissamment à sa prospérité. Ce qu'il faut surtout ne pas perdre de vue lorsqu'on étudie les causes de ce développement, c'est que la situation de Hambourg a surtout grandi quand l'Allemagne elle-même est devenue une grande puissance industrielle, quand elle s'est lancée à la recherche des marchés du monde, et s'est engagée avec l'ardeur que vous savez dans le commerce d'exportation.

On peut dire à ce point de vue, avec M. Paul de Rou-

siers, que la prospérité de Hambourg est le reflet de la prospérité de l'Allemagne (1). Le développement de la richesse de cette ville se rattache au développement de la vie économique du nouvel empire, et ce serait toute une étude de l'essor industriel allemand qu'il faudrait entreprendre pour bien comprendre le rôle et la fonction économique du port de Hambourg.

Il faudrait étudier l'ensemble des régions dont Hambourg est le débouché, l'organisation des transports, le rôle respectif des pouvoirs publics, des particuliers et des associations, et ne pas oublier de montrer comment les cartels ont puissamment contribué à développer le commerce d'exportation. C'est ainsi, par exemple, que Hambourg est devenu le grand port d'exportation des produits chimiques allemands, et que l'essor de l'industrie chimique, un des plus beaux fleurons de la couronne industrielle de l'Allemagne, explique certains côtés de l'activité du port de Hambourg.

M. de Rousiers, qui, dans le beau livre auquel j'ai déjà fait quelques emprunts, a si bien montré ce que l'Allemagne envoie à Hambourg, insiste avec raison sur les causes qui expliquent le développement de cette branche si importante de l'industrie, dont on a dit qu'elle est l'industrie de l'avenir.

Hambourg a résolu aussi la difficile question du fret. Hambourg n'avait pas de houille, c'est-à-dire peu de fret lourd à exporter, alors que le fret lourd est nécessaire à la prospérité d'un port.

Ce sont les produits agricoles qui ont remplacé la houille. Hambourg exporte le sucre des innombrables sucreries de la plaine saxonne, de la région de Magdebourg, du Brandebourg, même de la Bohême. Elle reçoit plus d'un million de tonnes de sucre brut, une quantité

(1) *Hambourg et l'Allemagne contemporaine*. Paris, 1902.

d'alcools, de sels (provenant de Stassfurt, et beaucoup de produits de l'industrie textile.

Hambourg doit aussi une partie de son activité à ce qu'il est un grand port d'embarquement pour les émigrants.

Après m'être ainsi étendu longuement sur Hambourg, je ne puis dire qu'un mot des autres ports auxquels s'appliquent, d'ailleurs, plusieurs des considérations qui précèdent.

Brême, malgré ses traditions, la richesse de ses armateurs, les quasi-monopoles qu'ils ont su acquérir pour diverses branches de traffic, n'a pas pris la même importance que Hambourg. Cela tient en grande partie à ce qu'elle manque d'*hinterland*.

Le Weser n'est qu'un fleuve secondaire comparé à l'Elbe.

Cependant, depuis l'entrée de Brême dans le Zollverein (1888), le mouvement du port a plus que doublé.

Sur la Baltique, je me borne à dire quelques mots de Stettin. C'est le premier port de la Baltique, et ses progrès ont été considérables. En 1870, le mouvement du port était de 800 000 tonnes. Et aujourd'hui il est de quatre millions. C'est, de plus, un port franc et c'est le plus rapproché de Berlin. C'est pourquoi l'empereur a approuvé en 1899 les plans d'un canal nouveau qui doit remplacer le canal de Finow considéré comme insuffisant. Cette création est regardée comme indispensable pour que Stettin puisse devenir le véritable débouché de la capitale de l'empire.

C'est à côté de Stettin, à Bredow, qu'ont été installés les vastes chantiers navals de la Société Vulcan qui ont pris une importance si considérable et qui appellent notre attention sur les progrès accomplis en Allemagne par cette branche de l'industrie. Les chantiers allemands qui, en 1870, existaient à peine, fabriquent aujourd'hui 12 % des navires construits dans le monde. La production a dépassé l'an dernier 300 000 tonnes dont 101 030

dans les chantiers de Stettin et 112 825 dans ceux de Hambourg.

Ce développement des chantiers est en rapport étroit avec le développement de la puissance industrielle du pays. Les Allemands ont compris que la construction des navires n'est pas une industrie comme les autres, que la marine marchande est une force énorme d'expansion commerciale. Ils ont senti que le navire est un précieux instrument de propagation des produits et de l'influence d'un pays.

A la prospérité des chantiers correspond aussi celle des grandes compagnies de navigation ; c'est ainsi que la Compagnie Hamburg-America a réalisé en 1905 un bénéfice de 40 000 000 marcs soit 27 °/₀ du capital total, contre 31 200 000 en 1904. Elle a pu donner cette année un dividende de 11 °/₀. Ses amortissements et réserves n'ont pas été moindres de 24 500 000 marcs, ce qui représente 15,7 °/₀ de la valeur totale de la flotte de cette compagnie. Elle ne possède pas moins de 147 vapeurs, jaugeant 692 080 tonnes. Si l'on y ajoute 10 navires en construction et une importante flottille fluviale, on trouve un total général de 811 943 tonnes de jauge brute. C'est presque autant que toute notre flotte marine marchande française. Ne peut-on en conclure que l'industrie maritime bien dirigée est capable d'un excellent rapport? Les actionnaires qui sont restés fidèles à la Compagnie pendant les douze dernières années ont touché, nous dit M. Grivot (1), un dividende moyen de 6,8 °/₀ par an. De plus, leurs actions ont acquis une énorme plus-value. Elle n'est pas inférieure à 59,25 °/₀ du capital primitif. Et d'autres sociétés : le Norddeutscher Lloyd, la Compagnie hambourgeoise sud-américaine, la Compagnie allemande australienne, le Kosmos, etc., marchent sur les traces de celle que je viens de citer.

(1) PHARE du 8 avril 1906, p. 175.

Ces brèves indications suffisent pour prouver que les ports allemands sont plus prospères que nos ports français. Une première cause d'infériorité pour ceux-ci, c'est leur éparpillement même. En France il n'existe pas moins de 69 ports (sans compter les simples ports de pêche qui portent le total à 417), sur lesquels 42 (sans parler de l'Algérie) ont les honneurs d'une notice spéciale dans le *Tableau général du commerce et de la navigation*. Quarante-deux ports pour lesquels on a fait des travaux considérables, c'est évidemment trop! Il eût fallu en sacrifier les trois quarts pour concentrer les efforts sur les huit ou dix ports principaux dont on aurait fait les véritables centres du trafic maritime du pays. En second lieu, un port est un débouché, et cette vérité semble avoir été un peu oubliée en France. On ne s'est pas suffisamment occupé d'améliorer les voies d'accès, les chemins de fer, surtout les voies navigables, sans parler des routes et des canaux. On peut ajouter que nos ports français sont, dans une certaine mesure, victimes de la politique, d'ailleurs aisée à comprendre, de nos compagnies de chemins de fer, qui s'efforcent de conserver les marchandises sur leur réseau le plus longtemps qu'elles peuvent. Les courants les plus longs sont naturellement ceux qui ont Paris pour objectif — au détriment des courants transversaux — et il n'y a pas de courants organisés vers les ports de l'Atlantique, pour le transport avantageux des marchandises.

La situation difficile dans laquelle se trouvent nos ports s'explique aussi par la lenteur avec laquelle progresse notre marine nationale. Ceci tient à des causes multiples qui ne peuvent être toutes examinées ici, mais il importe au moins d'indiquer les principales.

La première de ces causes est le coût élevé des navires.

Il est indispensable pour le progrès du commerce par mer d'avoir un instrument à bon marché ou tout au moins pas trop dispendieux.

Or, le navire construit dans un chantier français, et cela pour des raisons qui tiennent à notre vie économique tout entière, est plus coûteux que le navire construit en Angleterre ou en Allemagne.

Sans doute nous avons pu acheter des navires à l'étranger, mais l'expérience a démontré que l'armateur français est toujours dans une certaine dépendance vis-à-vis des chantiers français, et c'est là une infériorité incontestable.

En second lieu, les compagnies de navigation françaises ne sont pas suffisamment puissantes.

Les capitaux en France sont timides, les entreprises de navigation ne les tentent pas ; nos capitalistes, nos tranquilles bourgeois, qui ont sans doute de sérieuses qualités auxquelles il faut rendre hommage, comprennent mal l'évolution économique contemporaine, et l'importance croissante du trafic maritime.

Nous n'avons pas trouvé en France, depuis quelques années, assez d'argent pour l'industrie des armements. L'industrie des transports maritimes est une de celles qui permettent le mieux de constater que les Français ne sont pas assez entreprenants. Leur idéal, c'est d'être « rentiers ». Il faut bien dire qu'ils n'ont pas été encouragés à se porter du côté des entreprises maritimes par les pouvoirs publics, mais c'est là un sujet sur lequel je ne puis insister ici. Je me contenterai de dire que notre marine n'a pas été soutenue comme il l'eût fallu par le gouvernement, lequel, absorbé par toutes sortes de préoccupations, et trop gêné par la difficulté d'équilibrer les budgets, n'a pas accordé a notre trafic par mer l'appui dont celui-ci avait besoin.

Les libéralités mêmes dont la marine a profité, ont été dispensées sans vue d'ensemble, sans plan nettement arrêté et poursuivi avec la continuité désirable. L'absence d'esprit de suite, ici comme ailleurs, a été très préjudiciable à la France. Et puis notre législation est très défectueuse. Elle soumet à des conditions très lourdes la composition du personnel. Ainsi l'équipage doit être composé

pour les 3/4 de marins français ! Au point de vue de leur entretien et de leur nourriture, il est démontré que nos armateurs sont plus lourdement chargés que les armateurs étrangers. La différence avec l'Angleterre n'est pas inférieure à 12 %.

Il est enfin une cause plus grave encore que les précédentes et qui mérite une étude spéciale : c'est la question du fret.

Nous manquons en France de fret et spécialement de fret lourd, de matières pondéreuses. Sans doute, notre industrie et notre exportation de produits fabriqués ont fait des progrès et il est sorti depuis dix ans par nos ports plus de marchandises françaises que pendant la période décennale précédente.

Cet accroissement n'a guère profité à la France. Ce sont des compagnies étrangères qui en ont recueilli la plus forte partie. Il faut bien dire que, sous ce rapport, notre situation géographique est moins favorable qu'on ne le croit en général. La France se trouve en lisière sur la partie du continent la plus avancée vers l'Océan, c'est-à-dire que beaucoup de nos marchandises forment un fret complémentaire pour des navires anglais et allemands qui viennent en passant les chercher dans nos ports. Ces marchandises sont transportées par eux à Anvers, à Rotterdam, à Brême, à Hambourg, surtout à Londres, où elles alimentent ce vaste entrepôt toujours le plus important du monde.

A elle seule la marine anglaise nous enlève pour 200 millions de francs de marchandises destinées à d'autres pays. On comprend dans ces conditions que le pavillon français à Hambourg représente à peine 2 % de la navigation totale de ce port. Dans les ports de la Baltique : Stettin, Danzig, Königsberg, Riga, la proportion est moindre encore.

C'est également par des navires étrangers que se font en France la plus grande partie des importations que nous

recevons de l'étranger. 26 °/₀ seulement des objets que nous achetons sur les marchés d'outre-mer nous arrivent par des navires battant pavillon français.

Si sérieuse que soit cependant pour nous la difficulté d'établir *un marché de fret*, elle n'est pas insurmontable.

Le mouvement maritime ne se borne pas en effet aux importations et exportations. Le commerce de *transit* joue un rôle chaque jour plus important.

Il y a une foule de marchandises qui n'atteignent le consommateur qu'après avoir subi une série de préparations, de mélanges, de triturations de toutes sortes. Or ces opérations ne se font pas ordinairement dans le pays d'origine. Les produits sont généralement expédiés à des commissionnaires de gros installés dans les ports, qui approprient la marchandise aux goûts et aux besoins de leurs clients. Il s'ensuit que les chargements ont besoin d'être groupés. C'est ainsi qu'il y a des ports où se concentrent les arrivages de vin, de café, de caoutchouc. Nous ne nous sommes pas assez occupés de ces groupements. Et la France était cependant bien située pour servir de place d'échange et de distribution!

Les inconvénients que nous avons précédemment signalés au point de vue de sa situation géographique pour le commerce d'importation ou d'exportation directes, se changent en *avantages* quand il s'agit du transit.

C'est ici surtout qu'intervient la considération des ports francs.

L'entrepôt fictif ou l'admission temporaire, s'ils sont utiles pour l'industrie elle-même, ne servent pas à grand'-chose au point de vue du *transit*, et l'absence de port franc dans notre pays oblige les navires à se détourner de leur direction naturelle : ils vont plus loin, à Hambourg, par exemple, où ils trouvent toutes les facilités que ne peuvent leur donner les ports français. C'est ainsi que nous payons à l'Allemagne chaque année des *commissions considérables*.

Une quantité de vins français destinés à tous les pays

du monde y sont transportés pour y subir des coupages, des mélanges et être l'objet de manipulations de toute sorte.

De même les tourteaux oléagineux des usines de Marseille vont à Hambourg où l'on en extrait, avec des pétroles détaxés, les huiles résiduelles. Ce sont là des constatations d'autant plus affligeantes pour nous que nous étions parfaitement placés pour être un grand magasin, un terrain d'échange et de transit.

Je me plais à penser, que dans cette esquisse déjà trop longue et cependant bien incomplète, j'ai indiqué les principales raisons qui expliquent la lenteur avec laquelle se développent nos ports nationaux. J'espère surtout avoir provoqué dans vos esprits quelques réflexions utiles et préparé une discussion dont je serai heureux de faire mon profit.

G. Blondel.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

—

Il serait contradictoire de vouloir à la fois continuer cette enquête et tirer déjà des conclusions. Aussi n'est-il pas question de conclure, mais de totaliser les résultats acquis, de les grouper pour les saisir d'ensemble. C'est une tâche délicate, à laquelle il faut se résoudre pourtant, en vue de la suite de l'enquête.

Ce qui fait la fécondité de la méthode d'observation, c'est la comparaison des données : l'observation n'est qu'un moyen au regard de la comparaison qui est elle-même un moyen au regard d'un but ultérieur, qui est la science. La comparaison révèle des ressemblances, des différences : il faut expliquer les unes et les autres ; il faut aussi classer les faits observés, discerner et enchaîner les causes et les effets. C'est ainsi que se sont constituées les sciences naturelles, c'est ainsi que doivent se constituer les sciences sociales.

Après qu'elle a fourni les données comparables, le rôle de l'observation n'est pas terminé : les observations initiales en appellent d'autres, les observations vérificatrices, qui serviront de contrôle aux inductions de l'esprit.

Dans l'ordre d'idées qui est nôtre, la vérification importe doublement. Elle nous donnera la connaissance sûre des conditions de la prospérité des ports : c'est le point de vue de la théorie. Au point de vue pratique, elle fixera positivement et négativement la politique maritime, indiquera ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut pas faire.

Précisément nous sommes arrivés à ce moment de l'enquête où déjà des observations très suggestives ont été recueillies : elles fournissent des données à rapprocher, elles permettent d'émettre des vues critiques et de marquer les points dont la vérification est à rechercher.

Il y a port et port. C'est une vérité qui se trouve dès

l'abord mise en lumière. S'il est trop tôt pour tirer de l'enquête une classification générale des ports de commerce, il n'est pas trop tôt pour constater l'importance primordiale de l'hinterland (1).

On peut aussi se rendre compte expérimentalement des principes divers sur lesquels on pourrait fonder les classifications : d'après la position géographique du port, d'après sa fonction distributive propre, d'après les conditions dans lesquelles il a été ouvert au trafic.

On aurait ainsi la division géographique et la division économique (2). Au point de vue de la participation à la vie économique nationale, les ports de pénétration comme Hambourg et Anvers sont évidemment les plus intéressants.

Une mention est due ici à la division qu'a établie M. de Rousiers *d'après ses observations personnelles*, et, semble-t-il, en particulier d'après les avatars de la fonction économique de Hambourg (3). Comme on le verra, cette classification des ports se trouve rattachée à celle de leurs fonctions. Le port moderne, selon cette classification, est au service de son arrière-pays, tandis que le port de jadis en est isolé.

Les travaux rétrospectifs qui font partie de cette publication ne confirmeraient pas cette manière de voir, si, contrairement aux institutions de l'auteur, on voulait y découvrir un système historique. Ce que M. de Rousiers a voulu dire, c'est simplement que le commerce de mer était autrefois plus séparé qu'aujourd'hui du commerce de terre.

(1) L'hinterland ou l'arrière-pays du port est la portion de territoire que le port dessert. Son étendue n'est déterminée ni par la géographie, ni par le droit des gens : elle n'est pas fixe, elle dépend des moyens de communication naturels ou artificiels. La création d'une voie ferrée peut l'étendre, tout comme un tarif trop élevé des prix de transport par rail peut la restreindre.

(2) Il est plus malaisé de qualifier la division des ports selon les circonstances qui ont accompagné leur ouverture au commerce. Pourtant l'opposition entre la création de Barry et la découverte de Beira est flagrante.

(3) Voir REVUE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE, décembre 1904, et RÉFORME SOCIALE, 1er et 16 septembre 1905.

Comme j'entretenais de la question un membre autorisé de la Société scientifique et qui a été président de la section de géographie, M. Jules Leclercq me signala une étude présentée par lui à l'Académie royale de Belgique sur *Le plus ancien entrepôt de commerce* (1). Elle a pour objet le port méridional de Ceylan, connu sous le nom de Pointe de Galle. Cette ville, une des plus vieilles du monde, paraît être la Kalah des Arabes, la Tarsis orientale des Phéniciens. C'était un entrepôt, le trait d'union entre l'Occident et l'Orient, comme le dit M. Leclercq, mais on y venait chercher aussi les produits du pays, tels l'ivoire, une des principales productions de Ceylan, les paons et les singes qui y abondèrent de tout temps.

Les conditions modernes de l'échange, c'est bien évident, donnent à la fonction régionale du port une prépondérance qu'elle ne pouvait avoir jadis. C'est le fait très important que la classification de M. de Rousiers met en lumière : ainsi comprise, elle est un outil scientifique très précieux qu'il est permis de comparer aux classifications dont l'emploi a été si utile à ceux qui ont fondé les sciences naturelles.

Il sera intéressant de vérifier par les travaux futurs si l'évolution, loi de la société économique, à ce qu'il semble, est aussi la loi que subit la fonction du port. Il y aura là, à propos d'une fonction économique bien déterminée, un contrôle précieux de la théorie de l'évolution dans son application à la vie sociale.

Nous voici seulement au seuil de l'enquête qui est le sujet de cette note, enquête sur l'enquête. Essayons de grouper les enseignements qu'on en peut tirer, sinon à titre de conclusions vérifiées, au moins à titre d'hypothèses.

Pour l'économiste, le port est une richesse à la formation de laquelle concourent diversement selon les circonstances

(1) Voir BULLETINS DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, 3e série, t. XXXVII, 2me partie, n° 1, pp. 58-64. 1899.

la nature, les hommes, le capital (au sens exact de la langue économique).

Sans doute, cette inégale participation des éléments indiqués à la formation du port est en relation avec le développement économique général. Le capital n'y pouvait jouer jadis le rôle dont il est aujourd'hui capable, qu'il s'agisse d'approfondir et d'outiller le port, d'établir les voies ferrées de l'hinterland, etc. Cependant le rôle de la nature ne passe pas forcément au second plan dans les ports d'aujourd'hui. Voyez Beira et la description que nous en donne M. Morisseaux.

Le port de commerce est une richesse productive : qu'il appartienne à l'État, à une municipalité, à une corporation, à une compagnie, il a ce caractère, plus aisément saisissable, il est vrai, si l'exploitation du port est une entreprise privée représentée par des titres négociables. Le fait que le port a une valeur est alors mis dans une plus vive lumière.

Valeur échangeable, le port doit répondre à quelque besoin des hommes, constituer l'apport d'une utilité dans les relations économiques. La fonction aide à comprendre l'organe.

Le port est un organe de distribution des biens susceptibles à la fois d'être échangés et déplacés. Il est le point de contact, le carrefour, si l'on peut ainsi dire, des routes de terre et des routes de mer.

Partant de là, notre distingué collaborateur M. de Rousiers a établi cette classification des fonctions des ports d'aujourd'hui : « Un grand port moderne remplit trois fonctions bien distinctes et dont chacune est liée à un ordre de phénomènes différents. Par sa *fonction régionale*, il est lié aux forces productives et à la puissance de consommation de son arrière-pays. Par sa *fonction industrielle*, il est lié à l'esprit d'entreprise de ses habitants et aux facilités de distribution tant terrestres que maritimes dont il jouit. Par sa *fonction commerciale*,

il dépend surtout des avantages de sa situation géographique maritime et de l'organisation de son marché local. »

Cette classification des modalités de la fonction du port répond à un but bien déterminé : trouver la raison pour laquelle une marchandise vient dans un port ou en part. C'est ce que les statistiques douanières ne permettent pas de voir d'emblée. Les classifications de la douane, justifiées au point de vue administratif et fiscal qui est le leur, font souvent le désespoir des économistes. La distinction que fait M. de Rousiers leur sera au contraire d'un grand secours.

Mais, à la prendre pour point de départ, on s'aperçoit que la fonction du port dépasse les manipulations accomplies dans la rade et les bassins et sur les quais. C'est évident pour la fonction industrielle.

On est ainsi amené à embrasser dans l'étude de la fonction du port une série de manifestations caractéristiques de l'activité économique.

Le port d'Anvers, pour prendre cet exemple, est l'organisme complexe qui distribue chaque année dans le pays et au delà de nos frontières continentales, et qui expédie par la voie de la mer des millions de tonnes de marchandises (1).

Dans cette activité la place d'Anvers a une part importante, par ses commerçants, ses exportateurs, ses agents maritimes, ses établissements de banque et d'assurance.

Faire abstraction de tout cela, c'est s'interdire la connaissance complète et vraie de la fonction du port au regard de la vie nationale.

En s'aidant des travaux qui forment cette première contribution à l'enquête entreprise par la Société scientifique, on pourrait établir — *provisoirement* — un classement plus complet.

Ce classement serait rattaché à une idée générale, qui

(1) Pour 1904 les statistiques officielles évaluent à près de 2 milliards de francs les marchandises débarquées à Anvers, à 1 800 000 000 francs celles qui y ont été embarquées.

pourrait être celle-ci : la fonction des ports est distributive — elle est le fait de tous les ports de commerce — elle est fondamentalement une.

La classification consistera à noter les diverses modalités de l'activité économique dans la réalisation de cette fonction.

On aura ainsi :

Le port centre de manipulations-transbordements : cet aspect de la fonction distributive du port a été appelé par MM. Dubois et Theunissen la fonction transitaire.

Le port centre ou siège d'industrie ;

Le port centre d'opérations commerciales ;

Le port centre d'armement et d'affrètement ;

Le port siège d'opérations et d'institutions financières.

Tous les ports n'ont pas cette organisation complexe. Anvers n'a pas d'armement. Par contre, c'est un centre important d'affrètements.

Il n'est peut-être pas superflu de noter que les classifications de MM. Dubois et Theunissen (fonction transitaire du port et fonction commerciale de la place) et de M. de Rousiers ne coïncident pas. La fonction régionale de M. de Rousiers n'est pas la fonction transitaire de M. Dubois. La fonction commerciale de M. de Rousiers n'est pas la fonction de la place commerciale définie par M. Dubois.

Montrons-le par un exemple.

C'est à la fonction de place commerciale que se rattachent les importations de blé à Anvers : pour la grande part ce blé est consommé par la population belge. Cette importation se rattache donc principalement à la fonction régionale, au sens de la classification établie par M. de Rousiers.

Autre exemple.

La fonction transitaire pourra consister à transporter d'un cargo sur un autre des marchandises venant d'outre-mer et destinées à un port de la mer du Nord ou de la Baltique. Or, il s'agit bien évidemment ici de la fonction

« commerciale » au sens donné à cette expression par M. de Rousiers.

L'interdépendance des fonctions du port a été mise en lumière, pour Liverpool, par la monographie de M. de Rousiers. La même démonstration a été faite avec plus d'abondance, à propos d'Anvers, par MM. Dubois et Theunissen.

Ce point est indiqué aussi par M. Laporte à propos de Barry qui doit fixer particulièrement l'attention au point de vue de la méthode.

Le Play étudia les sociétés d'après les procédés qu'il avait employés pour l'étude des métaux, c'est-à-dire la recherche, l'isolement des corps simples. Il trouva dans la famille l'unité sociale élémentaire. C'est la même méthode qu'il s'agit d'appliquer à l'étude du développement économique de notre temps et de nos contrées. Il a paru que ce développement n'était nulle part plus saisissable que dans l'organe principal des échanges entre nations : le port. Il est vrai que le port est souvent un organe malaisé à tenir pour élémentaire. Un port qu'on peut voir naître sera donc particulièrement instructif à considérer, du moins au début de l'enquête. S'il se trouve que la fonction de ce port est d'abord simple elle-même, on aura isolé le corps élémentaire à étudier.

Le port de Barry est de création récente : il ne date que de 1889.

Sa fonction distributive est aussi simple qu'on peut le souhaiter. Il reçoit des mines du pays de Galles, par la voie ferrée, le charbon de soute que de nombreux navires, arrivés sur lest, viennent y charger.

Cette fonction s'est développée avec une extrême rapidité. Après quinze années d'existence les exportations de Barry ont dépassé en 1904 les neuf millions de tonnes, alors qu'il n'a été exporté d'Anvers par mer, pendant la même année, que cinq millions de tonnes de marchandises.

Pourquoi ? La monographie de M. Laporte l'explique très clairement. Nous voyons la fonction du port s'exercer

sous nos yeux. Chaque tonne de charbon exportée par Barry représente un bénéfice au moins relatif, un bénéfice par rapport à l'exportation qui se serait faite par Cardiff où la rapidité des transbordements n'était pas réalisée, une économie de temps, d'autant plus appréciable que la célérité est la condition du rendement des grands navires modernes.

Il se fait que les exportations de Cardiff n'ont pas diminué, malgré l'ouverture du port de Barry. Celle-ci a donné lieu à un considérable accroissement de l'extraction de la houille dans la région desservie par Barry.

Il sera intéressant de constater par la suite — dans un quart de siècle, par exemple — ce que Barry sera devenu.

On peut presque le prédire en voyant ce qui se passe déjà. La fonction de Barry tend à se développer, à se compliquer. L'on voit naître, puis croître peu à peu les importations. Au lieu d'arriver à Barry sur lest, les navires, certains navires y apportent des produits qui trouvent leur utilisation sur place, à Barry même, ou dans la région minière ; ils fournissent du fret aux wagons qui ont conduit le charbon jusqu'au port et s'en retournent...

C'est ainsi que les statistiques ont enregistré en 1904 l'entrée à Barry de 300 000 tonnes de bois de mine et de 100 000 tonnes d'autres marchandises : bois de charpente, matériaux de construction, denrées alimentaires, etc.

L'interdépendance des modes d'activité du port est une des constatations auxquelles donnent lieu les premiers travaux de l'enquête. Le fret appelle le fret.

Prenons Anvers.

Les besoins régionaux déterminent des importations considérables de denrées alimentaires et de matières premières : de là appel de fret de retour.

Qu'il faille du fret de retour aux navires entrés à Anvers, c'est si évident que des services réguliers vers les pays d'outre-mer sont organisés à Anvers, grâce aux navires irréguliers qui y viennent en grand nombre. Le port d'Anvers est pourvu abondamment de fret de retour, de fret

lourd notamment, de fret encombrant aussi. Dès lors, les *tramps* y viennent de préférence et notre pays se trouve pourvu abondamment et même surabondamment de denrées alimentaires d'importation.

Tout cela fait le *marché* d'Anvers, et contribue à la prospérité de la place.

Voici qu'on s'y intéresse aux entreprises d'outre-mer : cultures, établissement de voies ferrées, etc. Le mouvement des capitaux suit celui des denrées.

Il faut payer les intérêts des capitaux engagés de la sorte : il en résulte un nouvel élan pour les importations à Anvers des denrées produites par les pays débiteurs.

On pourrait continuer ce travail d'analyse, souligner, par exemple, l'intérêt pratique qu'il y a à ce que le transit par Anvers ne diminue pas : par lui la force centripète de la place est accrue. Et nous ne parlons ni des industries du port, ni des institutions financières : les unes et les autres sont successivement effet et cause. Elles ont été créées à la suite du développement du trafic anversois, puis sont devenues à leur tour un élément nouveau et causal de l'activité des affaires, auxquelles les fabricats fournissent matière à nouvelles transactions et que les institutions financières facilitent et développent.

L'intérêt de ces constatations est double.

Elles mettent en lumière l'unité fondamentale de la fonction du port. Elles sont aussi d'une évidente importance pratique, ainsi que l'ont montré, pour Anvers, MM. Dubois et Theunissen.

On a dit que la fonction crée l'organe. A la vérité, il y a une corrélation nécessaire entre l'organe et la fonction. Les êtres primitifs ont des fonctions rudimentaires qu'accomplissent des organes rudimentaires aussi. La fonction à la longue transforme et parfait l'organe qui se prête dès lors pleinement et parfaitement à sa fonction.

Ces vérités physiologiques sont-elles aussi des vérités sociologiques — et dans le cas qui nous occupe — économiques ?

C'est le port qui fait la navigation, nous a dit un des rapporteurs. Ceci ne signifie pas seulement que le port est la condition de la navigation, ce serait presque un truisme ; il faut entendre que le port appelle la navigation. Se trouve-t-il une clientèle pour tirer parti des marchandises débarquées dans le port et fournir du fret de retour, la navigation est bien près de se développer : les organes complémentaires du port naîtront sans doute, les voies et moyens de communication se créeront, par l'ouverture de routes vers l'hinterland, par l'armement local qui vaudra au port une zone d'expansion maritime.

Celle-ci — la zone d'expansion maritime — est plus extensible que celui-là — l'hinterland. Mais la clientèle de l'hinterland est plus assurée.

L'hinterland est mouvant, au surplus. Le port d'Anvers qui a vu grandir le sien pourrait le voir se rétrécir un jour.

La domination d'une zone commerciale intérieure étendue fait défaut aux ports français. Ils se concurrencent à leur détriment. Leur développement est entravé.

Les ports allemands sont mieux partagés. Si l'on remarque que les besoins alimentaires et industriels des habitants de l'hinterland sont un élément essentiel de la prospérité des ports modernes, on ne peut pas ne pas prendre en considération la faible natalité française et l'accroissement énorme de la population de l'Empire allemand depuis un tiers de siècle.

L'on touche ainsi aux causes morales des phénomènes économiques, et notre enquête rejoint celle de Le Play : les vertus familiales qui font les peuples heureux sont, en fin de compte, un des éléments de la prospérité des ports.

Nous voici presque au terme de ces réflexions. Il reste à se demander quelle est, d'après les données enregistrées, la loi de l'activité du port, ou plus simplement, quel est le but au regard duquel sa fonction n'est elle-même qu'un moyen.

Cherchons les formules les plus simples, les plus familières. Le transport des marchandises à bon marché, la réduction du fret (du coût de transport), voilà ce but.

C'est le but en tous cas : que la fonction du port soit purement transitaire ou que la place commerciale intervienne, achète les marchandises pour les revendre; que l'acheteur soit un consommateur de l'hinterland ou un commerçant de la place.

De fait, la recherche du bon marché du fret explique tout : les combinaisons des frets lourds et des frets encombrants, des frets d'aller et de retour, les grandes dimensions des navires d'aujourd'hui, la préférence donnée aux ports de pénétration, la nécessité des mouillages faciles et profonds, les engins perfectionnés qui servent aux transbordements.

L'importance du bon marché du fret paraît bien être la clef des problèmes que les rapporteurs ont rencontrés en chemin, comme la fortune foudroyante de Barry, l'avenir de Beira, l'absence d'armement à Anvers, la lenteur avec laquelle les ports français voient se développer le trafic.

Ceci nous amène à préciser ce qu'est, en définitive, le bon marché du fret : c'est la mise en action de la loi fondamentale de l'économie politique qu'on a appelée la loi du moindre effort. Cette loi qui domine l'économie de la circulation et de la répartition des biens comme celle de leur production, signifie que la recherche du plus grand effet utile pour sa peine est le fait de l'homme qui poursuit la satisfaction des besoins matériels selon la raison. Elle n'est que *la raison appliquée*, en somme (1).

C'est elle qui fait qu'Anvers, grâce à la clientèle que lui vaut sa situation géographique, n'a pas eu besoin d'armement : l'affrètement a suffi.

En elle se résume toute la courte histoire de Barry, pour reprendre cet exemple. On peut dire que ce port a été créé pour amener dans les meilleures conditions de prix les charbons de Galles (c'est-à-dire un fret de retour recherché)

(1) Voir l'introduction à mon étude sur *Le Chèque et la Compensation*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1902. Tirés à part chez Falk fils, Bruxelles.

à bord des navires affrétés par les grandes maisons d'exportation de Londres et de Cardiff.

Ce qui fait en fin de compte l'utilité du port, ce par quoi il contribue au développement économique du pays, c'est l'abondance de sa fonction distributive qui répand les marchandises utiles dans la région et qui assure aux produits de l'industrie nationale le fret d'expédition à bas prix. Comme on nous l'a montré, même la fonction transitaire est utile en ce qu'elle contribue au fonctionnement normal de l'organe, en ce qu'elle l'assouplit en quelque sorte et le rend plus apte à son rôle essentiel.

Ces réflexions, c'est le port d'Anvers qui les suggère. Il est un organe de la vie économique qui ne fonctionne point par le seul jeu des forces naturelles comme celui de Beira. Si l'on s'est suffisamment familiarisé avec la loi de l'économie de l'effort, on rattachera sans hésiter à l'idée d'effort épargné l'effort énorme qui va s'accomplir à Anvers. Car, si l'on ne se résout à ménager l'accès du port aux grands navires modernes, à faciliter l'entrée et la sortie des bassins, bref, à mettre le port en état de garder sa clientèle, la loi de l'économie de l'effort menace très sérieusement de la lui faire perdre. Tel est le fait.

L'insuffisance actuelle des voies d'accès aux bassins a paru manifeste à tous ceux d'entre nous qui se sont rendus à Anvers le 23 avril. Mais aussi la visite des travaux en cours d'exécution les a frappés par leur ordonnance et leurs proportions grandioses. Ils s'en sont patriotiquement réjouis.

Nous terminons en ne concluant pas. Sans doute il n'est pas possible de présenter toujours le raisonnement sous la forme dubitative. Et les constatations soulignées dans cette note ont été comparées, réunies par des considérations affirmatives. Mais la méthode nous impose la prudence. Certaines constatations sont acquises. Quant aux réflexions, tenons-les pour autant d'hypothèses à vérifier.

ÉDOUARD VAN DER SMISSEN.

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
AUX FÊTES DU CENTENAIRE DE LE PLAY

—

La Société scientifique de Bruxelles a rendu dans sa dernière livraison un solennel hommage à la mémoire de Frédéric Le Play par la plume autorisée d'un de ses membres les plus éminents, M. le Ministre d'État Beernaert.

Elle a voulu aussi s'associer aux fêtes du centenaire de l'illustre sociologue : le Conseil général a délégué pour y assister M. Beernaert, président et M. Van der Smissen, secrétaire de la cinquième section.

Empêché au dernier moment de se rendre à Paris, M. Van der Smissen a pu du moins présenter au Congrès de la Société d'Économie sociale un mémoire qui sera publié dans le *Livre d'Or* du Centenaire. Cette communication a eu pour objet l'application de la méthode des monographies à l'étude de la fonction économique des ports maritimes et l'enquête de la Société scientifique.

A la demande des organisateurs du Congrès, M. Beernaert, au banquet de clôture, a pris la parole au nom des adhérents de l'étranger et a rappelé les services inappréciables que la méthode d'observation a rendus à la réforme sociale.

Il sera agréable à nos confrères et à nos lecteurs de trouver ici le texte de ce remarquable discours.

« Il est des renommées qui semblent solidement établies, mais dont l'éclat éphémère ne résiste pas à l'épreuve du temps. Quelques années suffisent pour qu'autour d'elles l'oubli se fasse. Il n'en est pas ainsi, ni des illustrations méritées, ni des choses vraiment grandes. Le recul des années ne fait que les mettre en lumière, et tel assurément

est le cas de Le Play. Son œuvre apparaît plus vaste et plus saine au fur et à mesure que les faits justifient mieux l'excellence de sa méthode et l'importance sociale des conséquences qu'elle peut produire. Déjà il est entré dans la sereine justice de l'histoire, et quelle fête jubilaire plus enviable que celle qui vient de lui être consacrée !

» Voici cinq jours que Paris — Paris ! — consacre à la gloire de Le Play. Elle a été célébrée par les hommes les plus considérables de notre temps, en un long cortège de disciples et d'admirateurs, et l'on peut dire que l'on a épuisé pour lui toutes les formules de l'éloge. Vous avez voulu cependant qu'à ce banquet se fît entendre encore une voix étrangère, et c'est du délégué de la Société scientifique de Bruxelles que vous avez bien voulu faire choix. Je vous en remercie pour elle qui appréciera cet honneur comme il convient. Je vous en remercie aussi pour moi, bien vivement, puisque vous me donnez ainsi l'occasion d'exprimer et mon admiration et ma reconnaissance pour celui que vous me permettrez d'appeler « le plus illustre des hommes de bien ».

» Vous avez voulu, Mesdames et Messieurs, que cette fête ne fût pas exclusivement française et vous avez eu raison, car l'œuvre de votre grand compatriote n'est pas à vous seuls. Elle avait en vue le bien de tous et appartient au monde. Et nous, les amis du dehors, nous saluons, nous vénérons la mémoire de Le Play, non seulement avec l'admiration de disciples, mais avec la reconnaissance de débiteurs qui proclament l'influence du Maître, dans le peu de bien qu'il leur a été donné de faire.

» Ce que je viens de dire est particulièrement vrai de la Belgique, votre sœur cadette, et plus spécialement de moi-même. Voici vingt-deux ans que le parti auquel j'appartiens dirige les affaires de la Belgique — longue période, même dans la vie d'une nation — et durant dix années, j'eus la responsabilité du gouvernail. Chez nous,

comme partout, et aujourd'hui encore, la situation était troublée et difficile. Tout est remis en question, tout change, comme la nature après les pluies d'orage. Il y a un monde d'idées, d'intérêts, de passions, de besoins nouveaux, vrais ou factices ; de puissantes aspirations au bien, de non moins vives sollicitations au mal.

» Ces situations-là, un gouvernement doit savoir les regarder en face. S'il a pour premier devoir de ne laisser toucher sous aucun prétexte aux bases éternelles de toute société, il faut aussi qu'il tienne compte de ce que commandent les faits nouveaux dans l'ordre psychologique et économique. Il y a toujours des maux à guérir, des remèdes à trouver, des améliorations à faire, des progrès à poursuivre. C'est à quoi notre petit pays s'est attaché, et si — je crois avoir le droit de le dire — nos efforts n'ont pas été vains, c'est grâce aux idées que Le Play n'a cessé de défendre, grâce à la méthode dont il a tracé les lignes avec une si clairvoyante sûreté.

» En 1886, le gouvernement, dont on annonçait bruyamment la chute, fit procéder à travers tout le pays à une vaste enquête sociale économique. Il voulait voir clair. On recueillit toutes les plaintes, on en vérifia le fondement, on écouta les petits comme les grands, en mettant les intérêts en présence. Ce fut quelque chose comme vos célèbres Cahiers de 89. Et n'est-ce pas ainsi que Le Play nous eût conseillé de procéder ? Puis, forts des constatations ainsi faites nous nous mîmes à l'œuvre, et en quelques années, vous le savez, la Belgique a élaboré une longue série de lois sociales auxquelles, dans un accès de justice, des adversaires eux-mêmes ont décerné le beau nom de Code du Travail.

» Je n'ai garde, Mesdames et Messieurs, de vous fatiguer de leur énumération, mais je puis dire que nous avons ainsi tenté de réaliser plus d'une idée chère à Le Play, et notre effort législatif a porté sur les matières les plus diverses : contrat de travail, conseils d'arbitrage, unions

professionnelles, mutualités, pensions de vieillesse, habitations ouvrières, conditions du règlement du travail, repos dominical, paternité et filiation, réparation des accidents, que sais-je encore ! Pour veiller à l'exécution et au développement de cette œuvre complexe et touffue, nous avons institué un ministère du travail. Et plus d'un parmi vous ont connu son premier titulaire, le regretté Nyssens, dont je salue en passant la mémoire.

» Tout à l'heure, Monsieur le président a fait allusion à mon intervention personnelle à ces choses. Il l'a fait en termes excessifs et dont je suis vraiment confus. Qu'il veuille agréer mes remerciements, comme vous tous, Messieurs, pour l'accueil que vous avez fait à ses paroles et qui m'a vivement touché.

» Mais il est certain que le mérite de ce qui s'est fait de bon en Belgique depuis un quart de siècle revient pour une bonne part à Le Play.

» Toujours, suivant sa méthode, toutes nos mesures ont été précédées d'une étude attentive des faits, tant à l'étranger que dans le pays. Et en bien des points, nos lois sont le reflet de sa doctrine. Je ne fais donc en ce moment que remplir un devoir d'élémentaire reconnaissance, et encore une fois je m'applaudis d'en avoir l'occasion.

» Quelques mois avant sa mort, Le Play disait, non sans mélancolie : « Je n'ai pas réalisé l'œuvre dont j'avais conçu la pensée ». Qui donc peut se vanter d'avoir accompli l'œuvre rêvée ? La vie humaine est si courte et le progrès est chose si complexe ! Mais, certes, Le Play n'a pas eu à se plaindre. — Quelle belle existence ! que de noblesse et d'unité dans l'idée et dans l'effort ! Au milieu d'une société fière de sa prospérité matérielle, il a, l'un des premiers, aperçu le péril social et poussé de trop justes cris d'alarme. L'un des premiers il a réagi contre des idées qui semblaient passées à l'état d'axiomes ; et,

voyant le mal, il a cherché le remède. Toujours il a fait preuve de la noble indépendance de l'esprit et du cœur.

» Et vraiment les résultats obtenus seraient-ils à dédaigner ? Ne serait-ce rien que d'avoir fondé une école et suscité un mouvement social absolument désintéressé, et qui ne fait que commencer ? Qui ne serait fier de la brillante théorie de disciples réunis autour de cette table, sans compter les innombrables amis du dehors ? Et si la France est jusqu'ici peu attentive, faudrait-il ne compter pour rien les sympathies plus actives du dehors, consacrées et réalisées par de nombreuses applications de sa méthode et de sa doctrine ?

» Et puis, il y a demain. — Demain ! — Demain dont on peut beaucoup craindre, mais dont on peut aussi beaucoup espérer, si l'on entre dans les voies indiquées par l'illustre défunt.

» C'est, Mesdames et Messieurs, du fond du cœur que j'offre à sa mémoire l'hommage ému de la Belgique reconnaissante, et plus spécialement de la Société scientifique de Bruxelles. »

BIBLIOGRAPHIE

I

1. N. I. Lobatchefskij. *Zwei geometrische Abhandlungen*, aus dem Russischen uebersetzt, mit Anmerkungen und mit einer Biographie des Verfassers von Fr. Engel, in-8° de xvi-476 pp. avec portrait. Leipzig, Teubner, 1899. Prix : 14 marcs.

2. N. J. Lobatchefskij's *imaginäre Geometrie und Anwendung der imaginären Geometrie auf einige Integrale*, aus dem Russischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von H. Liebmann, in-8° de xi-188 pp. avec 39 figures et 1 planche. Leipzig, Teubner, 1904. Prix : 8 marcs.

3. *Études géométriques sur la théorie des parallèles*, par N. I. Lobatchewsky, traduit de l'allemand par J. Hoüel, in-8° de iv-42 pp. (épuisé). Paris, Gauthier-Villars, 1866. Édition fac-similé 1900. Paris, Hermann. Prix : 5 fr.

4. *Pangéométrie* ou Précis de Géométrie fondée sur une théorie générale et rigoureuse des parallèles par N. J. Lobatchewsky. Réimpression fac-similé conforme à l'édition originale, petit in-4° de 63 pp. Paris, A. Herman, 1905. Prix : 5 francs.

I. Lobatchefsky (1793-1856), a trouvé, un peu avant 1826, donc après Gauss (1816) et Jean Bolyai (1823), mais a publié avant eux (1829) les principes de cette partie de la géométrie non euclidienne qui porte son nom. Pendant plus d'un quart de siècle, il n'a cessé d'attirer l'attention de ses contemporains sur la nouvelle géométrie, en en exposant les principes en russe, en français et en allemand. Mais il n'y a guère réussi : de son temps, il ne semble avoir eu qu'un seul lecteur ; il est vrai qu'il en valait mille, car c'était Gauss lui-même. Gauss fit nommer Lobatchefsky membre de la Société royale de Goettingue et il semble

avoir appris la langue russe surtout pour lire les grands mémoires de Lobatchefsky.

Ces mémoires sont restés inconnus ailleurs qu'en Russie, même après la publication des *Œuvres géométriques* de Lobatchefsky, en 1883-1886, par la Société physico-mathématique de Kazan, précisément parce qu'ils étaient écrits en russe.

Aujourd'hui, grâce à la publication des ouvrages dont le titre est en tête de ce compte rendu, l'œuvre entière de Lobatchefsky est accessible à tous les géomètres, soit en allemand, soit en français.

Les quatre mémoires traduits en allemand par MM. Engel et Liebmann contiennent l'ensemble des idées géométriques de Lobatchefsky, sous une forme développée mais parfois un peu confuse ; les *Recherches géométriques* et la *Pangéométrie* les renferment en abrégé et sous une forme plus claire, mais moins complète.

II. Voici une liste des travaux de Lobatchefsky, avec des indications sur la date de leur publication et sur les traductions qui en ont été faites.

Exposé direct. 1° En 1829 et 1830, Lobatchefsky fait paraître, en russe, dans le MESSAGER de Kazan, le Mémoire intitulé : *Sur les premiers principes de la Géométrie.*

M. Engel en a donné une traduction allemande en 1899, dans le volume annoncé en tête de ce compte rendu.

2° De 1835 à 1838, Lobatchefsky publie dans les MÉMOIRES de Kazan, les *Nouveaux principes de Géométrie avec une théorie complète des parallèles*, où il expose tout au long sous forme synthétique, à partir des notions premières sur l'espace, les bases du mémoire précédent.

M. Engel en a fait paraître une traduction allemande presque complète en 1899, dans le premier volume indiqué plus haut. M. Mallieux, de son côté, a donné une traduction française des huit premiers chapitres de ce mémoire, en 1901 (Voir MATHESIS, 1901, (3), I, p. 271) (1).

Exposé indirect. En 1835, Lobatchefsky fait, dans les MÉMOIRES de Kazan, un autre exposé de ses idées, sous le titre *Géométrie imaginaire ;* en 1836, il publie dans le même recueil les *Applications de la géométrie imaginaire à la recherche des*

(1) Bien antérieurement, Hoüel avait traduit les *Nouveaux principes* en français, mais il ne trouva pas d'éditeur. Frischauf a eu communication du manuscrit de Hoüel lorsqu'il écrivit les *Elemente der absoluten Geometrie* (Leipzig, Teubner, 1876).

intégrales définies. Ces mémoires sont écrits en langue russe ; mais il a aussi publié le premier en français, en 1837, dans le tome 17 du JOURNAL DE CRELLE, sous le titre *Géométrie imaginaire* (1).

M. Liebmann a traduit en allemand, dans le second volume annoncé en tête de ce compte rendu, les deux Mémoires russes dont il vient d'être question et, en outre, quelques pages de l'article du JOURNAL DE CRELLE qui ne se trouvent pas dans l'original russe.

Écrits de propagande. 1° En 1840, Lobatchefsky a publié à Berlin, en allemand, les *Recherches géométriques sur la théorie des parallèles* où il expose, avec beaucoup d'ordre, les premiers principes de la nouvelle géométrie.

Une seconde édition allemande des *Recherches* a paru en 1887 chez Mayer et Müller à Berlin ; une traduction française par Hoüel, à Paris, chez Gauthier-Villars, en 1866, et en 1900 chez Hermann ; une traduction anglaise par Halsted, à Austin, au Texas (et aussi à Tōkyō) en 1891.

2° Lobatchefsky a donné dans les MÉMOIRES de Kazan, en russe en 1855, en français en 1856, sous le nom de *Pangéométrie*, un résumé de beaucoup de ses recherches sur la géométrie.

C'est ce dernier ouvrage dont M. Hermann vient de reproduire le texte français, en fac-similé. Il a été traduit en italien, en 1867, par Battaglini, en allemand par Liebmann, en 1902 (Leipzig, Engelmann).

La *Pangéométrie* complète les *Recherches géométriques*, mais elle n'est pas rédigée avec le même soin.

III. *Sommaire des œuvres de Lobatchefsky.* A. *Exposé direct.* 1° *Sur les principes de la Géométrie* (Traduction d'Engel, pp. 1-66 ; notes, pp. 238-310). On trouve dans ce premier mémoire de Lobatchefsky presque toutes ses vues sur la géométrie, mais souvent sans démonstration.

Introduction : les défauts de la géométrie ordinaire. 1 à 5. Premières notions fondamentales, surface, ligne, point, sphère, cercle, plan, droite. 6. Les polyèdres réguliers. 7. Les cas d'égalité des triangles rectilignes ou sphériques. 8. Géométrie euclidienne ; géométrie imaginaire : sécante, parallèle (asymptote). La fonction F(a) (plus tard $\Pi(a)$). 9. Horicycle, horisphère. 10-13. Trigonométrie rectiligne et sphérique au moyen de la fonc-

(1) Nous avons exposé les idées fondamentales de cet article dans MATHESIS, 1897, (2), VII, pp. 112-117, 134-139, 158-161.

tion F. Valeur de F. 14. La géométrie est euclidienne pour les triangles infiniment petits. 15. Comment l'astronomie peut permettre de savoir si la géométrie physique est non euclidienne. 16-23. Équations de la droite, du cercle, de l'horicycle ; mesure des arcs de courbes, de la circonférence, de l'horicycle ; propriétés des quadrilatères. 24-36. Les aires planes ou courbes. 37-48. Les volumes, avec application à la recherche des intégrales.

Les notes de M. Engel contiennent un commentaire explicatif complet de ce premier mémoire de Lobatchefsky, qui, sans ces notes détaillées, est très difficile à comprendre.

2° *Nouveaux principes de la Géométrie* (Traduction d'Engel, pp. 67-236 ; notes, pp. 311-344). *Introduction :* Critique des tentatives de Legendre et de Bertrand pour démontrer le postulatum d'Euclide ; examen des définitions habituelles des premières notions géométriques (pp. 67-83). I. Premières notions géométriques, contact, sections, surface, ligne, point, distance, (pp. 83-93). II. Sphère, cercle, plan, droite (pp. 93-109). III. Mesure des droites, des angles plans, des angles dièdres (pp. 110-118). IV. Droites et plans perpendiculaires (pp. 118-133). V. Mesure des angles solides. Étude des triangles sphériques (pp. 133-154). VI. Égalités des triangles rectilignes et des triangles sphériques (pp. 154-165). VII. Droites parallèles (asymptotiques) (pp. 165-184). VIII. Horicycle, horisphère, triangle sur l'horisphère (pp. 185-196). IX. Les fonctions trigonométriques (pp. 197-206). X. La relation entre l'angle du parallélisme (asymptotisme) et la perpendiculaire correspondante (pp. 207-218). XI. La trigonométrie non euclidienne (pp. 218-235). — Le traducteur a laissé de côté les chapitres XII et XIII, traitant de la résolution des triangles rectilignes dans la géométrie ordinaire et de la résolution des triangles sphériques rectangles.

Le commentaire de M. Engel sur les *Nouveaux principes* est moins étendu que celui qui est relatif au premier mémoire de Lobatchefsky, parce que, dans les *Nouveaux principes*, les démonstrations sont, en général, suffisamment explicites.

Outre une belle notice sur la vie et les œuvres de Lobatchefsky (pp. 349-449), l'ouvrage de M. Engel renferme des index très soignés et diverses notes complémentaires.

B. *Exposé indirect.* Dans les deux mémoires dont il vient d'être question, Lobatchefsky déduit des notions premières sur l'espace, les formules de la trigonométrie non euclidienne, puis toute la géométrie infinitésimale. Dans le mémoire intitulé

Géométrie imaginaire (1835, en russe, 1837, en français), il part au contraire des formules de la trigonométrie non euclidienne, dont la compatibilité avec les premières notions géométriques est presque évidente. Voici un aperçu des matières traitées dans la *Géométrie imaginaire* et dans les *Applications de la géométrie à la recherche de quelques intégrales*, traduites en allemand par M. Liebmann.

1° *Géométrie imaginaire* (pp. 1-50 de la traduction de M. Liebmann). Introduction : les défauts de la Géométrie. 1-3. Trigonométrie non euclidienne. 4. Différentielle d'un arc de courbe plane. 5. Différentielle d'une aire plane. 6-10. Aire du cercle ; intégrales doubles diverses. 11. Volume et aire des surfaces courbes. 12. Cas des surfaces de révolution. 13-15. Autres expressions pour le volume de la sphère. 16-20. Autres formules de cubatures, avec application au cône asymptotique et à la pyramide à faces toutes rectangulaires.

2° *Applications à la recherche de quelques intégrales* (pp. 51-130 de la traduction de M. Liebmann). I. Préliminaires : formules fondamentales de la trigonométrie non euclidienne. Aire plane et volume. Intégrale de $\log\cos x dx$. II. Intégrales trouvées par transformations simples. III. Cônes finis et cônes asymptotiques. IV. Pyramides finies et pyramides asymptotiques. V. Liste de cinquante intégrales trouvées au moyen de la géométrie imaginaire.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que Lobatchefsky, pas plus que Gauss, Bolyai ou aucun autre géomètre, n'est parvenu à trouver le volume de la pyramide non euclidienne en fonction explicite de ses côtés, bien qu'il ait attaqué et retourné la question de toutes les manières.

Dans ses notes (pp. 131-188), M. Liebmann a commenté les mémoires de Lobatchefsky et il a corrigé un grand nombre de fautes d'impression et autres qui se trouvent aussi bien dans la première édition russe (1835-1836) que dans la seconde (1883).

C. Les *Recherches géométriques* et la *Pangéométrie*. 1° *Recherches géométriques*. Ce court opuscule est le plus clair de tous ceux qu'ait écrits Lobatchefsky. 1-15. Propositions de la géométrie qui ne dépendent pas du postulatum d'Euclide. 16-25. Définition et propriétés des parallèles (asymptotes) lobatchefskiennes. 26-30. Conséquences diverses ; propriétés de l'angle d'asymptotisme. 31-34. Horicycle, horisphère. 35-37. Établissement de la trigonométrie lobatchefskienne. Par elle-même, cette trigonométrie suffit à établir la légitimité de la géométrie

non euclidienne (c'est l'idée fondamentale de la *Géométrie imaginaire)*.

2° *Pangéométrie*. 1. Résumé de la partie la plus élémentaire des *Recherches géométriques* (pp.279-285). 2. Trigonométrie sphérique établie indépendamment du postulatum d'Euclide (pp. 285-292). 3. L'angle α que fait une droite avec la perpendiculaire de longueur x abaissée d'un de ses points sur une droite asymptote de la première est tel que $\sin\alpha \operatorname{ch} x = 1$ (pp. 292-295). 4. Trigonométrie lobatchefskienne (pp. 295-301). 5. Équation du cercle ; longueur de la circonférence ; longueur d'un arc de cercle-limite (pp. 301-304). 6. Équation de la ligne droite ; quadrilatère birectangle, distance de deux points ; expression de la différentielle d'un arc de courbe (pp. 304-312). 7. Aires planes (pp. 312-323). 8. Aires courbes (pp. 323-333). 9. Volumes (pp. 333-338). 10. Conclusion : la géométrie euclidienne n'est pas une conséquence nécessaire de nos notions sur l'espace (pp. 338-340).

IV. *Un livre à faire sur Lobatchefsky*. Tous les écrits de Lobatchefsky, à part les *Recherches géométriques* de 1840, sont pénibles à lire, pour diverses raisons : 1° ils se superposent et se supposent partiellement de manière qu'ils renferment beaucoup de répétitions et en même temps ne peuvent être lus à part parce qu'ils s'appuient les uns sur les autres. 2° Les subdivisions et l'ordre des matières traitées n'y sont pas assez accusés ni assez logiques ; on ne voit goutte dans cette forêt inextricable, que quand on l'a traversée tout entière, dit Gauss, en exagérant un peu. 3° Enfin et surtout, Lobatchefsky a des notations détestables, parce qu'il n'emploie pas les fonctions hyperboliques. Il désigne par $F(x)$ dans son premier mémoire, par $\Pi(x)$ plus tard, l'angle α de parallélisme (asymptotisme) correspondant à une perpendiculaire x. Lorsqu'il a démontré que $\sin\alpha . \operatorname{ch} x = 1$, il continue à se servir de la notation $\alpha = \Pi(x)$ et, par suite, au lieu de

$$\operatorname{ch} x,\ \operatorname{sh} x,\ \operatorname{th} x,\ \operatorname{coth} x,\ \operatorname{séch} x,\ \operatorname{coséch} x,$$

il écrit :

$$\operatorname{cosec} \Pi(x),\ \cot \Pi(x),\ \cos \Pi(x),\ \operatorname{séc} \Pi(x),\ \sin \Pi(x),\ \operatorname{tang} \Pi(x).$$

En employant ces notations quand elles ne sont plus nécessaires, *il voile toutes les analogies de la trigonométrie et de la métrique lobatchefskiennes avec la trigonométrie et la métrique sphériques.*

Nous faisons le vœu qu'un jeune géomètre traduise en notations modernes, au moyen des fonctions hyperboliques, et fonde

en un seul exposé continu, nettement divisé et subdivisé, l'ensemble des écrits géométriques de Lobatchefsky. Alors et alors seulement, on saura combien le géomètre de Kazan a approfondi les premiers principes de la géométrie et comme il a poussé loin l'étude de la partie de la science dont il est le principal créateur.

P. MANSION.

II

SAMMLUNG VON FORMELN UND SÄTZE AUS DEM GEBIETE DER ELLIPTISCHEN FUNKTIONEN nebst Anwendungen, von J. THOMAE, Jena. Leipzig, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1905 (In-4° cartonné de IV-44 pp.). Prix : 2 marcs 80.

Il existe maintenant plusieurs recueils plus ou moins étendus de formules de la théorie des fonctions elliptiques. 1° Hoüel, dans son *Recueil de formules et de tables numériques* (Paris, Gauthier-Villars, 1866), donne, en trente-huit pages, les formules de la théorie des fonctions thêta, celles qui expriment les principales propriétés de *snu*, *cnu*, *dnu* et des intégrales elliptiques et leurs relations avec les fonctions thêta ; il fait l'application de ces formules et des tables numériques y relatives, à trois questions, l'aire de l'ellipsoïde, la longueur de la géodésique d'un sphéroïde de révolution, le mouvement de rotation d'un corps solide. 2° L'excellent *Abriss einer Theorie der Functionen einer complexen Veränderlichen und der Thetafunction*, de M. Thomae (Dritte Auflage, Halle a. S., Nebert), contient en appendice une liste de dix pages in-4° de formules relatives aux fonctions thêta, aux fonctions et aux intégrales elliptiques de Legendre et de Jacobi. 3° Les ouvrages de MM. Appell et Lacour, de M. L. Levy, de MM. Tannery et Molk sur les fonctions elliptiques se terminent tous par des recueils de formules relatives à la fois aux fonctions de Jacobi et à celles de Weierstrass (8 pages pour le premier ; 9 pour le second, plus des tables ; 146 pp. pour le troisième). De ces trois collections, l'une, celle de MM. Appell et Lacour, a paru en tirage à part, avec quelques additions, sous le titre : *Principales formules de la théorie des fonctions elliptiques* (Paris, Gauthier-Villars, 1900 ; dix pages). 4° M. Schwarz a publié en 1885, une première édition, en 1893, une seconde

édition d'un recueil in-4° intitulé : *Formeln und Lehrsätze zum Gebrauche der elliptischen Functionen* (Berlin, Reiner), dont la première partie seule a paru (traduction française par M. Padé, Paris, Gauthier-Villars, 1894, VIII-96 pages). Ce recueil est fait d'après les leçons sur les fonctions pu, σu, de Weierstrass et, naturellement, les fonctions de Legendre et de Jacobi y sont à l'arrière-plan.

Les fonctions de Weierstrass se prêtent moins bien que celles de Legendre et Jacobi aux calculs numériques, et les travaux d'analyse écrits avec les notations anciennes sont trop importants et trop nombreux pour qu'on puisse réduire la théorie des fonctions elliptiques aux fonctions de Weierstrass. C'est pourquoi M. Thomae a cru devoir publier à son tour un recueil de formules et de théorèmes complément de celui de Schwarz. C'est celui que nous annonçons.

Comme le livre de M. Schwarz, celui de M. Thomae contient plus que son titre ne le promet. En réalité, c'est l'esquisse très concise, mais très complète, d'un cours sur les fonctions elliptiques de Legendre et de Jacobi. Il se divise en deux parties : Théorie, Applications.

La première partie traite d'abord des propriétés fondamentales des fonctions thêta (§§ 1 à 8) : Définitions, zéro, facteurs, périodicité, relation entre k et q, théorème d'addition, transformation simple du quatrième ordre, relation de Jacobi entre quatre thêta. Vient ensuite l'étude des fonctions snu, cnu, dnu (§§ 9 à 21) : définition par les fonctions thêta, périodicité, valeurs remarquables, théorème d'addition, dérivation, théorèmes de Liouville, variation de ces fonctions quand k est réel, ou imaginaire ; transformation simple ; transformation de Landen ; quelques paragraphes sur l'expression de q en k et le calcul de K ou de la variable quand le module et snu sont donnés (§ 13, 20). Les §§ 22 à 27 sont consacrés aux intégrales de seconde espèce sous diverses formes, les §§ 28 et 29 à celles de troisième espèce. Dans les suivants (30 à 36), l'auteur s'occupe de la réduction des intégrales elliptiques quelconques aux formes normales de Legendre, de Riemann et de Weierstrass. Enfin, les derniers paragraphes de la première partie (37 à 42) traitent des équations modulaires, des intégrales F, E de Legendre, de la moyenne arithmético-géométrique de Gauss, de u comme fonction de snu et D(snu), de quelques cas où la somme de deux intégrales du troisième ordre s'exprime au moyen d'une autre intégrale du troisième ordre, de $\log snu$, $\log cnu$, $\log dnu$, etc.

La seconde partie est un recueil des applications les plus intéressantes de la théorie des fonctions elliptiques, plus riche qu'aucun des traités que nous connaissions ; on regrette seulement de ne pas y trouver la surface de l'ellipsoïde. 1. Pendule circulaire. 2. Pendule parabolique. 3. Arc d'ellipse. 4. Pendule sphérique. 5. Longueur et aire de l'ellipse sphérique. 6-9. Construction de Jacobi pour le théorème de l'addition ; problème de la fermeture du polygone de Poncelet. 10. Addition et division des arcs de lemniscate. 11-15. Représentations diverses (ellipse, rectangle, carré dans le cercle ; triangle isoscèle dans un demi-plan ; parallélogramme dans un anneau circulaire). 16. Potentiel logarithmique. 17. Surface minima de Schwarz. 18. Surface élastique. 19. Ligne géodésique d'un ellipsoïde. 20. Application des théorèmes de Liouville à une cubique.

L'auteur a cru devoir abandonner les notations de Gudermann, *snu, cnu, dnu,* etc., qui, de fait, sont pourtant presque universellement employées ; il les remplace par *sau, cau, dau ;* ensuite, au lieu de *sa* (—*u*), il écrit *sa*—*u* en supprimant les parenthèses ! Il introduit aussi la fonction *jau* qui est égale à (*k'snu : dnu*). Nous doutons fort que ces innovations aient du succès et, à la place de l'auteur, nous les abandonnerions quand une seconde édition de son excellent recueil sera nécessaire. Selon nous, le polymorphisme des notations aussi bien dans la théorie des fonctions elliptiques de Legendre et de Jacobi que dans celle de Weierstrass est un des obstacles à la diffusion de cette partie de l'analyse.

P. Mansion.

III

Methodik der elementaren Arithmetik in Verbindung mit algebraischer Analysis von Dr Max Simon. Mit 9 Textfiguren. Un vol. in-8° de vi-108 pages. — Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1906.

La *Méthode d'Arithmétique élémentaire* de M. Max Simon est bien plus un cours de pédagogie qu'un vrai traité d'arithmétique. L'auteur nous y donne le texte de ses leçons à l'université de l'empereur Guillaume, pendant le semestre d'été 1904. Son but était d'initier les étudiants à l'enseignement de l'arithmé-

tique et de l'algèbre dans les neuf classes des hautes Écoles et de leur apprendre à procéder méthodiquement et par degrés.

L'ouvrage se compose de deux parties parallèles : la généralisation de la notion du nombre, depuis le simple concept du nombre jusqu'à celui du nombre complexe ; la résolution algébrique des équations.

Le concept du nombre développable en série et le calcul de ces nombres ont été l'objet d'une attention spéciale. L'auteur s'attache à la méthode de Georg Cantor, supérieure, à son avis, à celles de Dedekind et de Weierstrass.

Tout le volume de M. Max Simon est des plus intéressants, plein de remarques de bon sens.

Autre qualité bien rare : M. Max Simon multiplie partout les notions historiques; et ces notions, toujours heureusement choisies, sont aussi toujours très exactes, mérite qui vaut bien la peine d'être signalé.

Voici le plan de l'auteur :

Introduction. 1° Nombre et nombres. 2° Addition. 3° Soustraction. 4° Introduction des quantités négatives.

Opérations du 2d degré. 5° Multiplication. 6° Division. 7° Calcul des fractions. 8° Calcul décimal. 9° Calcul des nombres concrets. 10° Équations du 1r degré. 11° Calcul des nombres développables en séries.

Opérations du 3e degré. 12° Puissance et racines. 13° Équations quadratiques. 14° Logarithmes. 15° Théorème du binôme. 16° Équations cubiques. 17° Nombres complexes. 18° Complément de la théorie des équations du 3e degré. Les équations des 4e et 5e degrés. 19° Fonction exponentielle. 20° Les logarithmes naturels.

H. B.

IV

GRUNDRISS EINER ANALYTISCHEN GEOMETRIE DER EBENE von J. THOMAE in Jena. Mit 8 Figuren im Text. Un vol. in-8° de x-184 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905.

La préface du professeur d'Iéna fait bien connaître le but et l'esprit de son livre. Je la traduis, mais un peu librement.

" Pour aider mes élèves, dans mes leçons de Géométrie ana-

lytique plane, dit-il, je me suis contenté, pendant bien des années, de leur mettre entre les mains un simple *squelette*, composé de l'énoncé des propositions et d'un très court aperçu de leurs démonstrations. Les exemplaires du *squelette* sont épuisés. Cédant au désir de mes amis, je l'édite en le développant un peu. Mon intention n'est pas de rendre ainsi l'explication orale superflue, mais je veux mettre les étudiants à même de suivre la leçon, sans la préoccupation distrayante de notes à prendre, préoccupation qui rend souvent la classe pénible à suivre.

„ Mon *Précis* comprend la géométrie du point, de la droite et du plan. Dans cette dernière, j'ai soumis les coniques, la collinéation et la dualité à une discussion approfondie. De nos jours, les élèves connaissent bon nombre des propriétés des coniques définies par leurs équations rapportées à des axes de coordonnées. Après avoir étudié à fond le cercle, il est donc permis de passer immédiatement aux équations des coniques sous leur forme la plus générale. A mon ouvrage est jointe une table analytique des matières. Le lecteur qui se donnera la peine de la consulter, sera vite renseigné sur les sujets traités.

„ Un *Précis* ayant pour objet une matière souvent rebattue ne peut guère prétendre à la nouveauté. Il y aurait cependant, j'aime à le croire, exagération à dire que mon opuscule ne contient rien de neuf. Toutefois, mon but principal a été d'y suivre toujours un ordre très systématique. Les propositions élémentaires de la Géométrie projective doivent, d'après moi, marcher de pair avec les propositions de la Géométrie analytique. Je les ai démontrées par la voie analytique. Au surplus, je n'ai pas négligé les propriétés métriques.

„ Mon ouvrage était déjà sous presse, quand j'eus connaissance des *Leçons de Géométrie analytique* de MM. Heffter et Köhler qui venaient de paraître chez mon éditeur. Les auteurs de ces *Leçons* passent, comme moi, de la Géométrie à une dimension, à celle à deux dimensions. Pour moi, voilà tantôt vingt ans que je suis cette méthode. Nos ouvrages se rencontrent, naturellement, en bien des points. C'est la conséquence nécessaire de l'identité des sujets traités. Entre les *Leçons* de MM. Heffter et Köhler et mon *Précis* il y a cependant une différence importante. Le *Précis* ne se contente pas de classer, il étudie les constructions. Consultez au contraire, au mot *Construction*, la table analytique des matières des *Leçons*, vous n'y trouverez qu'un seul renvoi : la construction du quatrième rayon d'un faisceau harmonique dont trois rayons sont donnés.

„ Puisse mon *Précis* remplir le but pour lequel il a été écrit ! Puisse-t-il faciliter aux élèves l'étude de la Géométrie analytique et de la Géométrie projective ! „

Les chapitres du *Précis* de M. Thomae n'ont pas de numéros d'ordre. Je crois utile de les ajouter.

1° Introduction. 2° La Géométrie sur une droite et sur un faisceau. 3° Coordonnées points, dans le plan. 4° Dualité et coordonnées lignes. 5° Des Déterminants. 6° Classification des Coniques. Diamètres conjugués. 7° Propriétés métriques des Coniques. 8° Coniques passant par cinq points. 9° Similitude des Coniques. 10° Pôles et polaires. Dualité. 11° Collinéation. 12° Théorèmes et propositions complémentaires,

H. B.

V

Étude sur les Assurances-Vie. Calcul des primes suivant la notation des Actuaires, par Jean Schul, S.J., professeur d'algèbre financière à l'École supérieure de commerce Saint-Ignace, à Anvers. Un vol. in-12 de VII-69 pages. — Bruxelles, Polleunis et Ceuterick, 1906.

Il y a quelques années, le Bulletin de la Société des Actuaires belges (1) attirait l'attention sur la nécessité de donner aux futurs instituteurs des notions élémentaires de science actuarielle. Il y a, en effet, certaines préventions à l'endroit des œuvres de prévoyance, certaines objections spécieuses tirées de l'idée de profits exagérés et illicites réalisés par les sociétés d'assurances, que l'on ne peut vaincre ou rétorquer sans posséder une connaissance exacte des principes du calcul des probabilités, sans joindre à des arguments d'ordre moral des arguments de pur raisonnement. Il y a une autre raison à diffuser la science des actuaires, à en extraire les choses les plus essentielles, celles qui sont d'une application quotidienne et ordinaire : le nombre de ceux qui sont appelés, soit directement, soit indirectement, à s'occuper de la prévoyance sous ses différentes formes n'a cessé et ne cessera encore de s'accroître. A cet égard, certaines lois sociales, lois sur les pensions de vieillesse, lois sur les accidents

(1) Bulletin de la Société des Actuaires belges, 15 juin 1899.

du travail, lois sur les mutualités, ont imposé par intérêt ou par devoir professionnel aux chefs d'industrie et à de nombreux fonctionnaires des connaissances nouvelles. Évidemment, il ne faut pas exagérer et considérer la science des actuaires comme une panacée. Au IVe Congrès international d'actuaires, tenu à New-York, en 1903, l'un des rapporteurs américains estimait que l'étude scientifique des questions relatives à la prévoyance serait utile aux étudiants en droit et en théologie, en ce sens qu'elle les mettrait constamment en présence de rapports de causes à effets. On peut être assez surpris de voir la théologie en cette affaire. Mais parlons sérieusement.

A l'Université de Göttingen on a institué des cours embrassant tout ce que doivent connaître les actuaires : économie politique, statistique, jurisprudence, etc. ; après avoir fréquenté ces cours pendant deux années, on peut acquérir le diplôme d'expert d'assurances de l'État. Dans certaines Écoles supérieures de commerce de l'Allemagne, à Aix-la-Chapelle, à Cologne, à Dresde, à Francfort-sur-Mein, on enseigne la théorie et la pratique des assurances sur la vie.

Partout les organismes d'assurances s'accroissent avec rapidité, demandant pour leur fonctionnement un personnel de plus en plus nombreux. Au 1er janvier dernier, l'on comptait en Belgique 336 compagnies, dont 86 pour les incendies, 72 pour les accidents, 112 pour les assurances-vie, 9 pour la mortalité du bétail, 57 pour des objets divers : bris de glaces, vol, grêle, etc... (1).

En matière d'actuariat, il y a les spécialistes, les dirigeants, c'est le petit nombre ; il y a aussi un notable contingent d'adjoints et la grande masse des exécutants. Beaucoup de jeunes gens ont devant eux une carrière, laquelle, de caractère vague il y a quelques années encore, s'est aujourd'hui précisée et demande que l'on soit bien préparé à y entrer.

La science actuarielle est une application du calcul des probabilités, application devenue possible lorsque la statistique a fourni les indications nécessaires à l'appréciation de la fréquence des risques qu'il s'agissait de couvrir. Cette science est condensée dans le *Text-Book* de l'Institut des actuaires de Londres (2),

(1) Le MONITEUR DES ASSURANCES BELGES ET ÉTRANGÈRES, 10 février 1906.

(2) *Text-Book* de l'Institut des actuaires de Londres, contenant la théorie de l'intérêt des annuités viagères et des assurances sur la vie avec leurs applications pratiques. Traduit de l'anglais par Amédée Begault, ancien officier d'artillerie, actuaire de la Compagnie belge des assurances générales. Bruxelles, Bruylant-Christophe et Cie, 1894.

ouvrage classique qui fait autorité et dont la valeur n'est dépassée par aucun autre. Mais sa lecture est longue, elle n'est pas à la portée de tous ; ce n'est point le livre des novices et des écoliers. Il faut pour l'enseignement des manuels qui, s'inspirant des principes et des règles contenus dans le *Text-Book*, exposent d'une façon claire, exacte et méthodique les préliminaires de la science actuarielle, en résument les applications, en donnent les formules usuelles. Se plaçant à ce point de vue, le R. P. Schul, professeur d'algèbre financière à l'École supérieure de commerce Saint-Ignace, à Anvers, a eu l'heureuse inspiration d'écrire à l'intention de ses élèves — mais bien d'autres en profiteront — une étude sur les assurances-vie qui contient le calcul des primes suivant la notation universelle des actuaires.

On pourrait croire la question de notation assez indifférente, il n'en est rien. Les applications de la science actuarielle sont multiples et complexes ; par raison de synthèse, de rapidité et de facilité de calcul, on a cherché à représenter les données et les résultats par des signes qui fussent d'un emploi général et formassent dans leur ensemble un alphabet particulier admis dans tous les pays. Pour des motifs analogues, le Congrès d'électricité de 1881 a fixé les unités électriques. C'est en 1895, au premier Congrès international d'actuaires (1), que l'adoption d'une notation universelle fut proposée. En 1898, au deuxième Congrès (2), l'on fit choix de la notation de l'Institut des actuaires de Londres. En employant cette notation dans son manuel, le R. P. Schul a mis dans la main de ceux de ses élèves qui chercheraient carrière dans les compagnies d'assurances un outil réellement pratique.

La lecture de l'ouvrage du jeune et distingué professeur de l'Institut Saint-Ignace se recommande à tous ceux qu'intéressent les questions de prévoyance. J'en donne ci-après la table des matières ; les intitulés des paragraphes montreront de quelles combinaisons diverses s'occupe aujourd'hui la science actuarielle, qui, pour la cinquième fois en onze ans, va tenir prochainement ses assises solennelles (3).

(1) *Premier Congrès international d'actuaires*, Bruxelles, 2-6 septembre 1895. Documents, 2e édit. Bruxelles, Bruylant-Christophe et Cie, 1900.

(2) *Transactions of the Second International Actuarial Congress*, may 16-20, 1898. London, Charles and Edwin Layton, 1899.

(3) Les Congrès internationaux d'actuaires se sont tenus à Bruxelles, en 1895, à Londres, en 1898, à Paris, en 1900, à New-York, en 1903 ; le cinquième se tiendra à Berlin au mois de septembre de cette année.

Première partie. — *Notions générales sur les assurances-vie.*

Deuxième partie. — *Étude mathématique des primes.*

Chapitre I. — *Assurances sur une tête.* — Assurance-vie entière. — Assurance-vie entière à prime temporaire. — Assurance différée à prime temporaire. — Assurance temporaire. — Assurance différée temporaire. — Assurance mixte. — Assurance à terme fixe. — Assurance mixte à capital doublé. — Assurance avec participation aux bénéfices. — Calcul des chargements. — Valeur d'une police à une époque donnée. — Valeur d'une police libérée. — Assurances payables au décès. — Primes.

Chapitre II. — *Rentes viagères sur une tête.* — Rente viagère immédiate. — Rente viagère différée. — Rente viagère temporaire immédiate. — Rente viagère temporaire différée.

Chapitre III. — *Relations entre les assurances-vie et les rentes viagères.*

Chapitre IV. — *Opérations sur deux têtes.*

Section 1. — *Rentes viagères.* — Rente viagère immédiate sur deux têtes. — Rente viagère différée sur deux têtes. — Rente viagère temporaire sur deux têtes. — Rente temporaire différée sur deux têtes.

Section 2. — *Assurances-vie.* — Assurance-vie entière immédiate d'un groupe de deux têtes. — Assurance différée sur deux têtes. — Assurance temporaire sur deux têtes. — Assurance différée temporaire sur deux têtes. — Assurance mixte sur deux têtes. — Prime annuelle d'une assurance sur deux têtes.

Section 3. — *Annuités de survie.* — Annuité de survie. — Annuité de survie immédiate. — Annuité de survie différée. — Annuité de survie temporaire.

Section 4. — *Assurance dotale.*

Appendice. — Résumé des primes comprenant une représentation graphique des contrats d'assurances-vie et des rentes viagères sur une tête.

C. Beaujean.

VI

Karl Schellbach. Rückblick auf sein wissenschaftliches Leben nebst zwei Schriften aus seinem Nachlass und Briefen von Jacobi, Joachimsthal und Weierstrass herausgegeben von Felix Müller, mit einem Bildnis Karl Schellbachs. Un vol.

in-8° de 86 pages et un portrait hors texte. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905 (1).

C'est avec curiosité que j'ai ouvert ce volume. Tout un fascicule des ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN consacré à Schellbach ! Un nom si peu connu occupant tant de place dans une collection de l'importance des ABHANDLUNGEN !

En dehors de l'Allemagne, que savait-on de Charles Schellbach ?

Il avait écrit de nombreux articles sur des questions de mathématiques assez diverses, et sa signature se lisait souvent dans les Revues allemandes. Il était aussi l'auteur d'un grand ouvrage, *Die Lehre von den elliptischen Integralen und den Theta-Funktionen* (Berlin, G. Reimer, X-440 pp.). Enfin et surtout, quand, à la mort de Crelle (6 octobre 1855), C. W. Borchardt prit la direction du JOURNAL FÜR DIE REINE UND ANGEWANDTE MATHEMATIK, on put lire pendant plusieurs années sous la signature du rédacteur en chef, les mots : " unter Mitwirkung von Steiner, *Schellbach,* Kummer, Kronecker und Weierstrass „. N'importe, le nom de Schellbach semblait pâlir à côté des noms illustres imprimés sur la même ligne. Schellbach, la chose était notoire, n'était membre d'aucune grande Académie, pas même de celle de sa patrie.

Cette exclusion, nous dit M. Félix Müller, était un vrai préjugé de caste. Schellbach appartint toujours à l'enseignement moyen. L'Académie eût cru déroger en admettant dans son sein un professeur de cet enseignement, quel que fût d'ailleurs le mérite du savant. Peu importe la raison, Schellbach n'y a rien perdu ; membre de l'Académie de Berlin, son heureuse influence sur l'enseignement moyen n'en fût pas moins restée son vrai titre de gloire.

Charles Schellbach naquit le 25 décembre 1804 et mourut le 1er avril 1889. Mathématicien, il eut un talent particulier pour dénouer les problèmes embrouillés et épineux, les rendre accessibles à tous, les faire entrer dans l'enseignement courant, en un mot, les rendre classiques en les mettant en pleine lumière. Organisateur des études, son action fut excellente. Il eut l'art d'intéresser plusieurs fois à ses projets de réforme le prince et

(1) Ce volume forme le premier fascicule du tome 20 des ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNGEN begründet von Moritz Cantor.

la princesse royale de Prusse. Grâce à leur puissant concours, il put faire adopter les mesures les plus utiles. Il avait même rêvé de doter Berlin d'un Institut scientifique créé sur le modèle de l'École Polytechnique de Paris. Ce projet n'aboutit pas, mais M. Félix Müller nous donne, en appendice, le rapport très étudié que Schellbach avait écrit dans ce but.

L'*Aperçu sur la vie scientifique de Charles Schellbach* est lui-même un résumé; nous ne pouvons songer à le résumer davantage sans lui enlever tout intérêt, mais nous voudrions en avoir dit assez pour engager à le lire.

L'auteur divise son travail en deux parties :

Dans la première il nous donne un exposé succinct des réformes que Schellbach introduisit dans l'enseignement moyen, ainsi que l'analyse de ses principaux mémoires. La seconde partie contient des pièces justificatives. Ces pièces sont au nombre de sept : le rapport sur la fondation d'un Institut des sciences, à Berlin, dont nous venons de parler; une dissertation de Schellbach " Sur l'utilité et l'importance des mathématiques „ ; enfin cinq lettres inédites adressées à notre savant par des correspondants illustres, Jacobi (1), Joachimsthal (2), Weierstrass (2). La première des deux lettres de Weierstrass, datée du 10 octobre 1860, est la plus curieuse. On y trouve la démonstration analytique d'un théorème de Steiner.

En tête de son volume, M. Félix Müller nous donne un beau portrait de Schellbach.

H. Bosmans, S. J.

VII

Bellino Carrara, S. J., Professore di Calcolo Infinitesimale nell' Università Gregoriana. L' " Unicuique suum „, a Galileo, Fabricius e Scheiner nella scoperta delle macchie solari. Un vol. in-4° de v-183 pages. — Roma, Cuggiani, 1906 (1).

Dans la livraison de janvier 1904 de cette Revue, rendant compte de l'ouvrage du P. Schreiber, S. J., intitulé : *P. Christoph Scheiner, S. J., und seine Sonnenbeobachtungen*, je disais (2) :

(1) Tirage à part d'un mémoire publié dans les tomes XXIII et XXIV des Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei.
(2) Tome LV, pp. 298-299.

" Le P. Schreiber s'en tient à l'analyse de la *Rosa Ursina* sans entrer dans les querelles de priorité qu'elle soulève entre les partisans de Galilée, de Scheiner et de Fabricius. Galilée a été trop bien défendu par M. Favaro dans l'*Édition nationale des Œuvres de Galilée* (Florence, 1895, t. V, pp. 9-19) pour qu'il soit nécessaire de transcrire ici les titres des autres articles écrits en sa faveur. A ceux qui voudraient connaître les droits de Scheiner, j'indiquerai sa biographie : *Christoph Scheiner als Mathematiker, Physiker und Astronom*, Bamberg, 1891, par A. von Braunmühl, qui forme le 24e volume de la Bayerische Bibliothek. Enfin la cause de Fabricius a été plaidée par Gerhard Berthold dans une brochure intitulée : *Der Magister Fabricius und die Sonnenflecken nebst einem Excurse über David Fabricius*, Leipzig, 1894. Berthold y réédite (pp. 29-38) la partie principale du rarissime opuscule *Joh. Fabricii Phrysii de maculis in sole observatis*... Witebergae... M.DC.XI. „

Le P. Carrara reprend aujourd'hui ce vieux problème, pour le discuter de nouveau sous toutes ses faces. Outre les sources d'informations nommées ci-dessus dans ma note, l'auteur puise à d'autres encore. Il en résulte un travail d'ensemble très curieux. A propos de cette étude des sources, j'ai regretté cependant de ne pas y avoir trouvé l'analyse approfondie du *Prodromus* de Scheiner. Je n'en fais pas de reproche à l'auteur. Le *Prodromus* est rarissime, et quelques-unes des plus grandes bibliothèques de l'Europe, le British Museum, par exemple, ne le possèdent pas. Le P. Carrara est parfaitement excusable de ne pas l'avoir rencontré. J'en connais un exemplaire à la Bibliothèque royale de Belgique (1), et M. Favaro en a signalé un autre à l'Observatoire de Brera à Milan (2). Voici pourquoi j'eusse

(1) Il est coté V. 5184. En voici le titre : *Prodromvs pro sole mobili et terra stabili, contra academicvm florentinvm Galilæum a Galilæis avthore R. P. Christophoro Scheinero Societatis Iesv, ante annos 20. et amplivs elvcvbratvs, qvi nvnc primvm in publicam lvcem prodit svb avspiciis Ferdinandi III Cæsaris Avgvstissimi. Anno 1651.* Les PP. De Backer et Sommervogel ne l'ont jamais vu (*Bibliothèque de la Compagnie de Jésus*... Nouvelle édition. Tome VII, Bruxelles, 1896, col. 740).

Le *Prodromus* est un in-folio de (XII) 120 pages, contenant 17 belles planches hors texte, dans le genre de celles de la *Rosa Ursina*. Il est divisé en trois livres, comprenant respectivement 28, 20 et 15 chapitres.

(2) *Bibliografia Galileiana (1568-1895). Raccolta ed illustrata da A. Carli ed A. Favaro.* Roma, 1896, p. 69. — Cet ouvrage forme le tome XVI d'une collection de catalogues intitulée *Indici e catalogi* et publiée par le Ministère de l'Instruction publique du Royaume d'Italie.

voulu, disons mieux, je voudrais — car il n'est pas trop tard pour le faire — que le P. Carrara en entreprît l'analyse.

Le *Prodromus* de Scheiner est un pamphlet, mais un pamphlet posthume. L'auteur l'écrivit dans un moment de colère, puis le laissa enfoui dans ses papiers. Écrire est parfois un excellent calmant, surtout quand on est assez maître de soi pour écrire sans publier. A la mort du Jésuite, des amis maladroits découvrirent le *Prodromus* et le firent imprimer. La gloire de Scheiner n'y a guère gagné. Les quelques observations de taches du soleil décrites dans le *Prodromus* ajoutent assez peu de chose à celles de la *Rosa Ursina*, mais le ton passionné de l'auteur prévient contre lui. Le *Prodromus* est comme le dernier épilogue de la querelle Scheiner-Galilée. Sa lecture ne vient pas modifier l'opinion qu'on s'en fait d'ailleurs. Elle ne change pas les conclusions du P. Carrara. Mais, après avoir consacré 180 pages in-4° à résoudre sous tous les aspects le problème de la découverte des taches du soleil, il vaudrait la peine d'épuiser le sujet. Le P. Carrara y arriverait aisément en quelques pages qui serviraient d'appendice à son mémoire.

Abordons de plus près ce mémoire lui-même.

Qui a découvert, le premier, les taches du soleil ?

Poser la question en ces termes, dit le P. Carrara, c'est la poser mal. Les taches du soleil sont parfois visibles à l'œil nu et les anciens eux-mêmes les avaient remarquées. Personne ne songe cependant à faire remonter jusqu'à eux l'honneur de la découverte. Ils s'étaient contentés d'une simple constatation du phénomène, constatation vague et indécise, sans se livrer à son sujet à des observations suivies.

Ces observations exigeaient l'emploi du télescope. Mais, le télescope inventé, la constatation des taches devient aussitôt certaine. Elle était si aisée pour qui possédait cet instrument, que, sans se concerter, les astronomes la font en même temps de tous côtés à la fois. De là des querelles de priorité. De là d'aigres accusations de plagiat émises avec conviction et bonne foi, tout en étant mal justifiées par les faits. *Unicuique suum*, dit le P. Carrara. Rendons à chacun des prétendants, Galilée, Fabricius, Scheiner, la part qui lui revient. Cette part serait, d'après lui, la suivante :

Le premier en date, Galilée se livre à une série d'observations des taches du soleil faite avec méthode. Il en communique le résultat à des amis.

Dans l'entre-temps et sans soupçonner le moins du monde les

travaux de Galilée, Fabricius remarque de son côté les taches. Il publie cette découverte le premier dans un livre imprimé (1) et devance en cela Galilée.

Il est d'usage de nos jours d'accorder l'honneur de la priorité d'une idée au savant qui la fait connaître le premier par la voie de la presse. C'est loin d'être toujours équitable. Mais au XVIe siècle l'enseignement oral et la lettre manuscrite jouaient un rôle trop considérable dans la diffusion de la science, pour qu'on pût songer à une application exclusive de cette règle. Si Galilée a été prévenu par la publication imprimée de Fabricius, il ne saurait voir par cela seul tous ses droits de priorité périmés.

Quant à Scheiner, sa *Rosa Ursina* est un ouvrage hors de pair qui suffit, en toute hypothèse, pour assurer sa gloire. Peu d'historiens en parleraient encore du ton railleur et méprisant de Delambre (2). Scheiner n'a pas découvert le premier les taches du soleil, c'est définitivement prouvé ; mais il les a étudiées avec tant de persévérance, de soin, d'habileté, qu'il a fallu le spectroscope et les travaux du P. Secchi pour faire faire de ce côté un pas de plus à la science. Le P. Carrara le montre excellemment et entre à ce sujet dans beaucoup de détails. Les bornes imposées à un simple compte rendu ne me permettent pas de l'y suivre.

Que dire enfin du plagiat ?

L'accusation de Galilée est formelle, mais la preuve en est peu faite. Le feu de la querelle aveugle les deux adversaires. Scheiner est violent, mais, quoi qu'on en ait dit, il paraît sincère. Pour ma part, quand il affirme avoir trouvé par lui-même les taches du soleil, je ne puis m'empêcher de le croire. Au surplus, je ne fais en cela que partager l'impression de Delambre.

(1) En voici le titre complet : *Joh. Fabricii Phrysii De Maculis In Sole Observatis, Et Apparente earum cum Sole conversione, Narratio cui Adjecta est de modo eductionis specierum visibilium dubitatio. Witebergae, Typis Laurentij Seuberlichij, Impensis Iohan. Borneri Senioris & Eliæ Rochefeldij Bibliopol. Lips. Anno M.DC.XI* (Bibl. roy. de Belgique, V. 5012).

(2) " Il est peu d'ouvrages aussi diffus et aussi vides de choses. Il est de 784 pages, il n'y a pas matière pour 50. „ *Histoire de l'Astronomie moderne*, tome I, p. 690. Paris, Courcier, 1821.

Il est piquant de rapprocher de ce jugement celui de Houzeau dans son *Vademecum de l'Astronome*, Bruxelles 1882, p. 420. " Ouvrage considérable, dit-il, on y trouve... le germe de plusieurs considérations passées aujourd'hui dans la science, à titre définitif. „

L'illustre historien de l'astronomie admettait le plagiat (1) et niait la bonne foi du Jésuite (2). Et cependant la lecture des lettres de Scheiner à Velser arrache à sa loyauté cet aveu : " Il n'y a pas de raison suffisante de taxer Scheiner de plagiat. S'il avait une lunette, il a pu voir les taches du soleil; il n'y a pas grand mérite à cela „ (3).

H. Bosmans, S. J.

VIII

Le Livre de l'Ascension de l'esprit sur la forme du ciel et de la terre. Cours d'astronomie rédigé en 1279 par Grégoire Aboulfarag, dit Bar-Hebraeus, publié pour la première fois, d'après les manuscrits de Paris, d'Oxford et de Cambridge, par F. Nau, docteur ès sciences mathématiques, licencié ès sciences physiques, diplômé de l'École des Hautes Études. Seconde partie, traduction française (4). Un vol in-8° de xxiv-200 pages. — Paris, Bouillon, 1900.

Bar-Hebraeus, célèbre chez les orientalistes, est inconnu parmi les géomètres et les astronomes ; présentons-le donc au lecteur.

Grégoire Aboulfarag, surnommé Bar-Hebraeus, naquit à Mélitène, en 1226, et mourut à Maraga en Perse, le 20 juillet 1286. Son père, riche médecin, lui fit donner une brillante éducation. Le jeune Bar-Hebraeus y aborda toutes les sciences, rhétorique, médecine, philosophie, théologie. Le 16 septembre 1246, âgé de vingt ans seulement, il fut consacré évêque monophysite de Goubos, près de Mélitène. Transféré l'année suivante à Lakabin, non loin de Goubos, il n'y resta que cinq ans, puis passa au siège épiscopal d'Alep. En 1260, il entra, comme médecin, au service du roi des Mogols ; enfin, il fut nommé primat d'Orient, en 1264.

Sa charge de primat l'obligea à de nombreux voyages. Mais

(1) *Op. cit.*, p. 633.
(2) *Op. cit.*, p. 633.
(3) *Op. cit.*, p. 631.
(4) La première partie, texte syriaque, forme un volume à part; je suis incompétent pour la juger. Les deux volumes réunis composent le 121e fascicule de la Bibliothèque de l'École des Hautes Études.

ces déplacements continuels, loin de nuire à ses études, les favorisaient plutôt ; car il rapportait tout à la science, même les simples conversations.

Il nous donne, lui-même, de curieux renseignements à ce sujet :

" Étant à Bagdad, dit-il, pour les affaires ecclésiastiques, j'eus l'occasion de causer souvent avec d'habiles grammairiens. Aussi formai-je le projet de mettre par écrit les principes de cette science. "

C'est ainsi qu'il fut conduit à composer sa grammaire.

Ailleurs, en tête d'un volume d'histoire, il dit encore :

" J'ai eu l'occasion d'entrer à la bibliothèque de Maraga. J'ai réuni dans ce petit volume les récits dignes de mémoire, que j'y ai trouvés dans des manuscrits syriaques, arabes et persans. "

Bar-Hebraeus utilisait donc ses voyages pour compulser les bibliothèques et converser avec les hommes instruits, puis il rédigeait ce qu'il avait lu ou appris. Depuis l'âge de vingt ans jusqu'à son dernier souffle, il ne cessa jamais d'étudier ou d'écrire. Et voilà comment il a pu produire tant d'excellents ouvrages, sur des sujets si divers (1). Bar-Hebraeus n'est, à proprement parler, ni grammairien, ni historien, ni rhéteur, ni astronome ; c'est un polygraphe, mais s'il faut juger tous ses travaux d'après son *Cours d'Astronomie*, il l'est dans le bon sens du mot. C'est ce *Cours d'Astronomie* que M. l'abbé Nau vient de publier pour la première fois.

Un évêque, un primat d'Orient, trouvant des loisirs pour publier un *Cours d'Astronomie*, voilà qui nous paraît étrange aujourd'hui ! Les mœurs ont bien changé ! Cet évêque, ce primat était doublé d'un professeur. Vers 1270, il enseignait à Maraga les *Éléments* d'Euclide, et deux ans plus tard, en 1272, il y expliquait l'*Almageste* de Ptolémée. Il semble même avoir considéré l'enseignement de toutes les sciences comme l'un des devoirs de sa charge.

Le *Livre de l'Ascension de l'esprit sur la forme du ciel et de la terre* nous a probablement conservé les leçons de Bar-Hebraeus sur l'*Almageste*. Il n'a cependant pas été écrit dès 1272, mais en 1279 seulement. Cette date importe d'ailleurs assez peu, car il est permis d'admettre que la rédaction du *Livre de l'Ascension* en a

(1) Il sortirait du cadre de la Revue de les énumérer ici en détail. On trouvera la liste de ceux qui ont été édités jusqu'ici à la page II de l'*Introduction* de M. l'abbé Nau.

suivi l'enseignement oral. L'ouvrage, vrai résumé de la *Grande composition* de Ptolémée, a l'allure d'un précis de cours. Le style est littéraire, les calculs sont omis, en un mot, le professeur cherche à exposer aux élèves les principes et les résultats de la science, sans fatiguer leur attention par les détails, sans s'arrêter aux considérations géométriques longues et difficiles. Le plan d'ensemble est conçu avec beaucoup d'ordre et de méthode. On y distingue d'abord deux grandes parties, la première plus proprement astronomique, la seconde formant plutôt un traité de géodésie. Dans chacune de ces parties, les divisions et les subdivisions sont nombreuses et reviennent toujours dans le même ordre pour des sujets analogues. Excellente qualité dans un ouvrage didactique.

Quelle est l'importance du *Livre de l'Ascension de l'esprit ?*

Voici, en résumé, ce qu'en dit M. l'abbé Nau. Je cite, mais en abrégeant quelque peu :

" 1° Le nom seul de l'auteur faisait désirer la publication de ce traité, car Bar-Hebraeus est le premier des écrivains jacobites. La plupart de ses ouvrages sont déjà publiés et il n'est pas douteux que tous ne doivent l'être un jour.

„ 2° C'est le seul ouvrage syriaque écrit *ex professo* sur l'astronomie ; c'est là que l'on devra chercher les termes techniques employés par les Syriens. Sa publication, qui permettra de contrôler et de compléter le dictionnaire, était donc indispensable au point de vue philologique.

„ 3° Ce traité fera connaître l'astronomie ancienne et sera d'un grand secours pour la faire apprécier à sa juste valeur. On ne prend pas une idée suffisante de l'astronomie grecque en lisant une histoire de l'astronomie. A notre époque surtout, où l'on préconise la recherche des documents originaux, il est indispensable que nos savants aient en mains, non pas des ouvrages *sur* l'astronomie ancienne, mais un *ouvrage ancien* d'astronomie, où ils puissent prendre cette science sur le fait. „

Et l'*Almageste* de Ptolémée ? objectera-t-on. Et sa traduction par l'abbé Halma ?

" Cette traduction, continue M. l'abbé Nau, est un ouvrage capital, mais rare et inabordable. Car, l'aurait-on trouvé, on serait vite rebuté par une suite de calculs faits sans le secours des notations algébriques et pour ainsi dire de tête. Aussi a-t-il toujours été fort peu lu, et M. Sédillot a-t-il pu, durant de longues années, donner comme nouvelle une inégalité qui figurait déjà dans Ptolémée. L'Académie et l'opinion se passion-

nèrent pour la troisième inégalité lunaire, quand M. Munck, hébraïsant, vint montrer, *sept ans plus tard*, qu'elle se trouvait déjà dans Ptolémée. (1) „

Tout cela est fort vrai et il était bon de le redire. On ne possédait en France aucun ouvrage ancien d'astronomie vraiment à la portée des savants. Le volume de Bar-Hebraeus traduit par M. l'abbé Nau comblera cette lacune. On y trouvera un résumé de l'astronomie de Ptolémée et de tous ses résultats ; résumé clair, sans démonstrations géométriques, en un mot, facile à suivre par tout le monde.

" Au XIIIe siècle, dit encore M. l'abbé Nau, à l'époque où vivait Bar-Hebraeus, les Arabes s'occupaient d'astronomie depuis près de quatre siècles et notre auteur cite un certain nombre de leurs résultats. Mais ces résultats semblent peu importants. Les auteurs arabes que nous connaissons furent surtout des commentateurs et des astronomes amateurs, on ne les a admirés que faute de connaître les œuvres grecques, leurs modèles. „

Ici j'ai le regret de n'être plus aussi complètement d'accord avec le très savant éditeur. Les Arabes, à mon avis, ne méritent pas le reproche d'être restés stationnaires. A quelles œuvres grecques M. l'abbé Nau fait-il allusion ? Évidemment à l'*Almageste* de Ptolémée. Ni Autolycus, ni Cléomède, ni Geminus, ni les trois livres d'Hipparque qui nous ont été conservés, ne peuvent être mis en question. Eh bien ! pour ne parler que du seul Albategnius, son *Opus astronomicum* ne soutient-il pas la comparaison avec l'*Almageste* ? Et M. Nallino, le récent éditeur de l'*Opus astronomicum*, se trompe-t-il si fort en déclarant Albategnius très supérieur à Ptolémée (2)?

Mais ce n'est pas le moment de discuter ici ce point de philosophie mathématique et d'histoire. Peu importe au surplus ma manière de voir, elle n'infirme en rien la valeur de l'ouvrage de

(1) Cette tapageuse et invraisemblable discussion est un peu oubliée aujourd'hui. M. l'abbé Nau en a fort bien résumé les grandes lignes dans une note placée au bas de la page 29. *Le Livre de l'Ascension* de Bar-Hebraeus vient jeter un nouveau jour sur le célèbre passage de l'*Almageste* de Ptolémée.

(2) *Albatenii opus astronomicum* editum a Carolo Alphonso Nallino. Pars I. Mediolani, 1903. Praefatio § 4, III, Nostra de opere astronomico sententia, pp. XLI-XLVI.

J'ai rendu compte de cette nouvelle édition de l'*Opus astronomicum* dans mon dernier *Bulletin d'Histoire des Mathématiques et des Sciences*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. XXXIX, pp. 663-667.

Bar-Hebraeus, ni le mérite de l'édition de M. l'abbé Nau. Je me rallie même sans réserve à cette conclusion du savant éditeur :

" On peut considérer le présent *Cours d'astronomie* comme un résumé des œuvres de Ptolémée (avec quelques *adjuncta* dus aux Arabes) fait par un homme intelligent et de grande érudition qui écrivait ce qu'il venait d'enseigner. „

Examinons de plus près les sources utilisées par Bar-Hebraeus.

" La science de la sphère céleste et de ses mouvements, dit-il, est une mer difficile à sonder et une hauteur pénible à gravir. Je me bornerai donc, dans ce petit volume, à exposer les formes des sphères, le genre des mouvements célestes, les distances et le nombre des astres. Quant aux démonstrations géométriques touchant ces matières, je renvoie à l'ouvrage σύνταξις μεγάλη qui est plus grand et plus développé. „

Quoi qu'il en soit des progrès astronomiques dus aux Arabes, la σύνταξις μεγάλη, l'*Almageste*, est bien, en fait, la source principale où puise Bar-Hebraeus. Seule elle est nommée dans la préface, et l'auteur y renvoie fréquemment dans le corps de l'ouvrage, par exemple : à propos de la précession des équinoxes, du mouvement de l'apogée du soleil, de celui des planètes, des éclipses, des étoiles variables, etc. etc. Bar-Hebraeus avait emprunté aux Arabes le respect de l'*Almageste*. On sait à quel point Albategnius surtout l'avait porté. Mais Bar-Hebraeus n'ignore pas pour cela les œuvres de ces Arabes eux-mêmes. Il connaît tout aussi bien celles des Syriens ses compatriotes, et cite notamment Nasiruddin-el-Toussy son contemporain.

J'abrège, car je crois avoir fait suffisamment entrevoir combien le *Livre de l'Ascension de l'esprit* est intéressant. Je ne puis néanmoins m'empêcher d'observer la singulière difficulté des publications de ce genre. Pour les entreprendre, il faut être à la fois orientaliste et géomètre, dons rarement réunis chez un seul homme. Docteur ès sciences mathématiques, licencié ès sciences physiques, diplômé de l'École des Hautes Études, M. l'abbé Nau est éminemment l'un et l'autre. Dans les très érudites notes ajoutées au texte, le géomètre n'a-t-il même pas perdu parfois de vue les philologues ? Je le crains. Géomètres, nous connaissons tous la crispante phrase : " Le lecteur est prié de faire la figure. „ Mais le respect du métier nous commande de ne pas avoir l'air de trop nous en agacer. Peut-on exiger la même patience des simples philologues ? Faute de figures, ceux qui ne sont pas géomètres trouveront difficiles, je crois, plusieurs des notes de M. l'abbé Nau, notes très claires cependant et fort

simples ; par exemple, celles des pages 181 à 187. Pourquoi n'y avoir pas ajouté deux figures *avec des lettres ?* Ces lettres sont, il est vrai, aisées à suppléer sur les figures du texte ; encore en faut-il l'habitude et ne peut-on guère la supposer chez tout le monde. Il n'est pas toujours bon de fuir le reproche de paraître prolixe. M. Nallino a donné l'exemple du contraire dans son édition de l'*Opus Astronomicum* d'Albategnius. On ne saurait trop l'en féliciter ni trop engager les auteurs de travaux analogues à l'imiter.

Pour terminer ce compte rendu, il me resterait à analyser le fond lui-même du *Livre de l'Ascension de l'esprit sur la forme du ciel et de la terre*, mais ici je suis bien obligé de dire au lecteur : prenez en mains le volume et étudiez-le. Impossible en quelques pages de le faire suffisamment connaître à ceux qui ne seraient pas au courant de l'histoire de l'astronomie grecque ; il me faudrait transcrire une bonne partie de l'ouvrage. Mais aux historiens je rappellerai que Bar-Hebraeus n'est pas astronome de profession. Il n'a pas contribué à l'avancement de l'astronomie. C'est un érudit très intelligent, très bien informé, très utile à lire, par conséquent, pour connaître l'état de la science à son époque. Cette remarque faite, un résumé de la table des matières donnera une idée du contenu du volume.

Première partie. *Sur la forme du ciel.* Chapitre 1. Théories préliminaires. Chapitre 2. Sur les intersphères du soleil. Chapitre 3. Des intersphères de la lune. Chapitre 4. Des sphères de quatre planètes ; les trois supérieures et Vénus. Chapitre 5. Des sphères de Mercure. Chapitre 6. Latitude des planètes. Chapitre 7. Propriétés des astres causées par leurs positions apparentes (vues de la terre) ou par leurs positions relatives. Chapitre 8. Des décans, c'est-à-dire des étoiles fixes.

Seconde partie. *Sur la forme de la terre et les phénomènes célestes qui s'y rapportent.* Chapitre 1. Division de la terre, des mers, des îles et des fleuves. Chapitre 2. Diversité de l'aspect du ciel aux divers lieux de la terre. Chapitre 3. Des ascensions et de leurs propriétés. Chapitre 4. Des ombres. Chapitre 5. Diverses mesures du temps. Chapitre 6. Mesure de la distance des astres à la terre. Chapitre 7. Grandeur des astres par rapport à la terre.

H. Bosmans, S. J.

IX

COURS DE PHYSIQUE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, par M. J. JAMIN, troisième supplément par M. BOUTY. Radiations. Électricité. Ionisation. Un volume in-8° de VI-419 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Les dernières années se sont montrées extraordinairement fécondes en progrès dans la physique tant expérimentale que théorique. Non seulement elles ont accumulé des mémoires importants sur les sujets les plus divers et souvent les plus inattendus, ce qui n'est pas rare dans l'histoire des sciences; mais, ce qui est sans exemple, en bien des cas des résultats ont été obtenus si décisifs dans leur teneur particulière et si suggestifs de méthodes fécondes que l'enseignement même de la physique ne peut plus les ignorer et se voit obligé de transformer sa physionomie avec une rapidité inouïe. On sait que le traité bien connu de Jamin se complète, sous la direction de son éminent collaborateur M. Bouty, par des suppléments périodiques. Le supplément actuel forme un volume de 400 pages. Et encore ne contient-il que ce qu'il est le plus urgent de présenter au lecteur désireux de se mettre au courant des progrès principaux réalisés récemment, à savoir :

Quatre chapitres sur *les radiations* : I. Émission des corps noirs; Pression de radiation. II. Émission des gaz; III. Spectre infra-rouge (où l'on s'étonnera peut-être de rencontrer les *rayons N* de Blondlot, trop controversés encore pour trouver place dans un ouvrage de ce genre). Dispersion; IV. Ondes hertziennes. Télégraphie sans fils.

Quatre chapitres sur *l'électricité* : V. Effet électromagnétique de la convection électrique. Étude expérimentale du magnétisme; VI. Courants alternatifs et polyphasés; VII. Électrolyse; VIII. Théorie des ions. Théorie de Nernst.

Le reste du volume, soit la moitié, est presqu'entièrement rempli par la grande question de l'heure, l'*ionisation*.

IX. Condensation de la vapeur d'eau autour de noyaux électrisés; X. Propriétés générales des gaz conducteurs ou ionisés; XI. Mouvement des ions; XII. Cas divers d'ionisation; XIII. Radioactivité; XIV. Constante diélectrique et cohésion diélectrique des gaz; XV. Étude de l'étincelle; XVI. Théorie de la décharge dans les gaz raréfiés. Enfin un XVIIe et dernier cha-

pitre traite d'instruments divers et de quelques applications de l'électricité.

Inutile de dire que le nouveau supplément du cours de MM. Jamin et Bouty est traité avec la même clarté et la même méthode que le cours lui-même.

V. S.

X

SUR LES ÉLECTRONS, par Sir OLIVER LODGE. Traduit de l'anglais par E. NUGUES et J. PÉRIDIER. Un volume in-12 de XIII-168 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Ce petit volume, édité dans la collection des *Actualités scientifiques*, est la traduction d'une conférence faite à l'*Institution of electrical Engineers*, le 5 novembre 1902. Il a pour but de faire connaître l'état actuel, déjà si intéressant, et les promesses d'avenir, peut-être plus vastes encore, de la nouvelle doctrine électronique. Dans la bouche d'un interprète autorisé comme M. O. Lodge, on peut s'attendre à trouver de ce sujet attachant une expression aussi pénétrante dans sa compréhension qu'originale dans son expression. On sait, en effet, comme le rappelle M. Langevin dans la préface écrite pour cette traduction, que Sir Oliver Lodge appartient à la grande famille des vulgarisateurs anglais, des Tyndall, des Thomson, des Maxwell, qui savent, mieux que personne, trouver l'image saisissante et tangible pour traduire l'idée la plus abstraite, tout en ne sacrifiant rien de la rigueur de la pensée à la recherche d'une transposition matérielle frappante.

Les limites étroites d'une conférence obligent, bien entendu, l'auteur à condenser son exposé, et la nature de son auditoire lui permet un appareil mécanique et mathématique assez simple, il est vrai, mais qui met son remarquable travail hors de la portée de ce qu'on appelle le grand public. Des notes complémentaires nombreuses sur des points particuliers, d'ordinaire des calculs, achèvent de préciser certains détails, et en font, suivant la pensée des traducteurs, une excellente introduction à une étude plus complète sur le sujet. Ajoutons qu'une liberté d'allure tout anglaise dans le développement logique lui donne une saveur particulière pour le lecteur français habitué à une trame plus serrée.

V. S.

XI

Radio-Activity, by E. Rutherford, deuxième édition. Un volume in-8° de xi-580 pages. — Cambridge, University Press, 1905.

Est-il bien nécessaire de présenter à nos lecteurs ce très remarquable ouvrage dont une année a vu enlever la première édition ? L'article publié ici-même en juillet 1905 sur la radioactivité et qui était basé principalement sur le livre de M. Rutherford peut lui servir en quelque sorte de compte rendu détaillé. Il nous dispense de nous étendre davantage sur l'intérêt intense que présente la superbe synthèse des recherches sur la radioactivité construite par le professeur de Montréal. Comme les relations célèbres des grands voyages d'exploration en pays sauvage — car c'en est un dans le véritable sens du mot pour ceux qui abordent ce sujet pour la première fois — il présente à la fois le double mérite de nous raconter les aventures personnelles de l'auteur, si l'on peut ainsi parler, et de constituer le tableau le plus complet de nos connaissances actuelles sur le domaine parcouru. C'est le livre fondamental dans l'étude de la radioactivité, et nul ne peut l'ignorer qui prétend ne pas borner ses connaissances à une vue superficielle de ce passionnant sujet.

Signalons seulement l'accroissement considérable qu'a subi l'ouvrage dans cette nouvelle édition. De 382 pages de texte, il passe à 558. C'est assez dire quels étonnants progrès ont été réalisés en quelques mois. Voici les chapitres qui ont subi le plus de remaniements :

IX. Théorie des changements successifs ; X. Produits de transformation de l'uranium, du thorium et de l'actinium ; XI. Produits de transformation du radium ; XII. Taux d'émission de l'énergie ; XIII. Processus radioactifs ; XIV. Radioactivité de l'atmosphère et de la matière ordinaire.

V. S.

XII

Theorie der Elektrizität. Zweiter Band : Elektromagnetische Theorie der Strahlung, von Dr M. Abraham. Un volume grand in-8° de viii-404 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905.

En rendant compte dans la REVUE du premier volume de cet important ouvrage, nous avons indiqué d'avance la matière du second. Voici comment l'auteur la présente dans sa préface.

La théorie Maxwellienne du champ électromagnétique à laquelle introduit le premier volume de cet ouvrage, représente en quelque manière le premier étage de la théorie moderne de l'électricité. A peine les physiciens s'y étaient-ils installés, qu'une foule de phénomènes nouveaux vint fondre sur eux et exiger une extension de la construction. Le second étage de la doctrine électrique, la théorie des électrons, est destiné à ces phénomènes, qui se présentent le plus souvent comme des rayonnements électromagnétiques. Bâtie sur les conceptions de Maxwell, la théorie des électrons considère l'espace comme un continu physique qui transmet les actions électromagnétiques. Les points de départ et les points d'application de ces actions sont dans l'électricité. Celle-ci serait constituée par des quantités élémentaires indivisibles appelées électrons. Tout courant électrique est conçu comme un courant convectif d'électrons en mouvement. Les rayons cathodiques consistent en un courant convectif de ce genre formé par des électrons qui se meuvent parallèlement avec une grande rapidité ; à ce *rayonnement convectif* correspond le rayonnement ondulatoire, qu'on doit rapporter aux vibrations des particules. C'est à la théorie de ces deux espèces de rayonnement électromagnétique qu'est consacré le second volume de la Théorie de l'Électricité.

Ce programme est développé dans deux sections. La première, sous le titre général : Le champ et le mouvement des électrons isolés, comprend trois chapitres : I. Les fondements physiques et mathématiques de la théorie des électrons; II. Le rayonnement ondulatoire d'une charge ponctuelle; III. La mécanique des électrons. La seconde a pour titre : Phénomènes électromagnétiques dans les corps pesants, et se compose de deux chapitres : I. Corps en repos. II. Corps en mouvement.

Que ce programme ait été rempli avec autant d'élégance que d'ingéniosité, la notoriété de l'auteur et sa compétence spéciale dans la matière le garantissent suffisamment. C'est un ouvrage fondamental dont la lecture est indispensable à ceux qui veulent pénétrer toute la portée des développements les plus modernes de l'électricité. Peut-être ne le suivra-t-on pas jusqu'au bout, et sans doute certains lecteurs préféreront-ils avec Lorentz et d'autres s'attacher à la conception des électrons qui se contractent dans le mouvement plutôt qu'à celle des électrons sphé-

riques rigides de M. Abraham. Il n'en reste pas moins certain, pour reprendre l'image proposée par l'auteur lui-même dans le passage cité de la préface, que, si son plan du second étage de la théorie électrique n'est pas définitivement adopté pour l'exécution, ce qu'il serait téméraire de vouloir prédire actuellement, du moins figurera-t-il brillamment parmi les projets couronnés.

V. S.

XIII

LEIBNIZENS NACHGELASSENE SCHRIFTEN physikalischen, mechanischen und technischen Inhalts, von Dr ERNST GERLAND. Un volume grand in-8° de VI-256 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Très intéressante collection de notes en latin, allemand ou français, éparses dans les manuscrits du grand géomètre, et inédites pour la plupart. Quelques-unes sont des rédactions d'une certaine longueur, sans doute destinées à être imprimées plus tard, d'autres de brèves indications pour fixer ce qui semblait avoir quelque valeur soit pour l'utilisation immédiate soit pour être retravaillé dans la suite. C'est, comme le fait remarquer le Dr Gerland, une espèce de correspondance de Leibniz avec lui-même, instructive comme les lettres de tous les savants de ce temps, où les idées s'échangeaient peut-être plus par le commerce épistolaire que par les ouvrages imprimés, tombant parfois dans des redites, mais intéressantes même alors en ce qu'elles nous permettent de pénétrer les méthodes de travail d'un génie supérieur. Sous des points de vue constamment changeants, le sujet se trouve ainsi éclairé de tous les côtés.

A part quelques notes de moindre importance, il s'agit surtout de problèmes d'acoustique et d'optique, ainsi que de la mesure du temps, de l'hydraulique, et des transports par terre et par eau. Les travaux d'acoustique contiennent la première description précise des ondes longitudinales de l'air, bien que le terme ne soit pas employé, étant donné qu'il est postérieur à la considération des ondes transversales. Dans ses recherches d'optique, Leibniz ne va pas plus loin que le résultat obtenu dans ses publications de 1682 dans les *Acta Eruditorum* (p. 185) sous le titre : *Unicum opticae, catoptricae et dioptricae principium*

savoir que le produit des résistances de deux milieux traversés par un rayon lumineux doit être un minimum, puisque la lumière suit d'un point à un autre le chemin le plus facile. Il est d'un certain intérêt de voir combien Leibniz est gêné par cette conséquence de son principe que la vitesse de la lumière doit être plus grande dans un milieu optiquement plus dense que dans un milieu moins dense, et comment, malgré tous ses efforts, il ne parvient pas à se débarrasser de cette difficulté. Il ne lui a pas été possible de s'affranchir de la conception des particules lumineuses projetées en ligne droite, alors que Huygens, dès 1678, montrait à l'Académie des Sciences de Paris la voie à suivre pour parvenir à la conclusion contraire. Celle-ci ne fut publiée toutefois qu'en 1690, dans son Traité de la Lumière.

Dans ses travaux techniques, Leibniz a un allure très particulière. Les idées sont nées et se sont développées sous sa plume, mais il n'a épargné aucune peine pour les appliquer ou les faire exécuter en grand, afin de s'assurer de leur valeur pratique. De même que Galilée et Otto de Guericke ne purent se libérer des doctrines qui les avaient formés, bien que leurs propres travaux fussent destinés à les renverser, ainsi une partie des œuvres techniques de Leibniz est tout à fait conçue au point de vue de son temps et nous paraît bien démodée, tandis que d'autres énoncent les manières de voir les plus modernes. Celles-là restaient sans doute impénétrables pour ses contemporains. Mais ne serait-ce pas justement là la vraie grandeur de ces conquérants du domaine intellectuel, ne serait-ce pas la seule manière possible de faire des progrès réels dans les sciences ? C'est une étrange méprise de croire servir la mémoire d'un chercheur illustre en cherchant à retrouver partout nos habitudes intellectuelles dans les siennes, au lieu de montrer comment il rompit en tout ou en partie les liens où l'enserraient les idées de son temps. V. S.

XIV

ELEKTRISCHE WELLEN-TELEGRAPHIE, von J. A. FLEMING. Traduit de l'anglais, par E. ASCHKINASS. Un volume grand in-8° de 185 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Imprimé avec le soin qui caractérise les publications de la maison Teubner, cet élégant petit volume renferme un exposé

très substantiel, en même temps que très facile à lire, de l'état actuel de la télégraphie sans fil. Outre son mérite d'exécution, qui relève de la méthode si anglaise de l'union intime entre l'abstrait et le concret, entre la théorie la plus ingénieuse et la matérialisation la plus détaillée, il possède l'avantage appréciable d'avoir pour auteur un homme connu pour ses contributions personnelles aux études de transmission hertzienne, et, de plus, collaborateur ordinaire de Marconi et de la société qui exploite industriellement ses brevets. Il en résulte une connexion étroite entre la spéculation et la pratique qui donne une autorité particulière à la discussion des divers systèmes.

V. S.

XV

Les Éléments de l'Esthétique musicale, par Hugo Riemann, Professeur extraordinaire à l'Université de Leipzig, traduit et précédé d'une introduction par Georges Humbert, Professeur au Conservatoire de Genève et à l'Institut de musique de Lausanne. Un vol. in-8° de II-278 pages de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. — Paris, Alcan, 1906.

Le traducteur nous prévient que l'étude consciencieuse et serrée de Hugo Riemann, toute rudimentaire qu'elle soit, n'en porte pas moins l'empreinte d'une forte personnalité. D'autre part, l'auteur délimite dès le début le champ de son ouvrage, en en excluant les recherches de physique, de physiologie et de psychologie dont il considère comme acquis les résultats, et il écarte également la partie purement technique d'une œuvre d'art, l'harmonie, le contrepoint, l'étude des instruments ; en un mot, il se borne à l'examen exclusif de l'*œuvre d'art* et de l'*impression d'art*, dont il cherche à montrer les conditions d'existence et de formation, en même temps qu'il analyse leurs éléments d'action sur l'auditeur.

Dès qu'il aborde le sujet même de son livre, la musique, Hugo Riemann se pose nettement en contradicteur des idées de Hanslick, de ses arabesques et de sa théorie intellectualiste du beau musical ; pour lui, il affirme que " le beau naturel de la musique réside dans l'ensemble des émotions de l'âme humaine ". On peut

donc le rapprocher de Léon Tolstoï, tout en lui reconnaissant ce singulier avantage d'être fort instruit en matière musicale.

Le premier élément étudié est l'*intonation* du son ou sa hauteur, expression qu'évite notre auteur, préférant les qualificatifs " aigu " et " grave " à ceux de " haut " et " bas ". Il fait ressortir l'importance de l'intonation absolue d'un son isolé, indépendante de ses rapports avec d'autres sons (1) ; puis il se lance dans une discussion singulièrement abstraite sur la question de savoir si l'on doit admettre avec Wundt la perception d'un changement continu de l'intonation ou si, avec Stumpf et Helmholtz, on doit se prononcer pour des sensations sonores non continues. Riemann se prononce pour l'opinion de Wundt ; mais tandis que celui-ci ne lui accorde que peu d'importance au point de vue musical, notre auteur va jusqu'à prétendre que *le principe de la mélodie réside dans le changement non pas gradué mais continu de la hauteur du son.*

Le *timbre* a fait l'objet d'une célèbre théorie due à Helmholtz et fondée sur la considération des harmoniques, bien qu'il reconnaisse l'existence de bruissements et de grincements qui en sont indépendants, mais qu'il considère comme étrangers au timbre proprement musical. Riemann se montre convaincu de l'insuffisance de cette théorie et invoque diverses expériences qui prouveraient la dépendance liant le timbre à la matière des instruments, quels que soient les harmoniques. Il énonce notamment ce fait que des trompettes en laiton et en carton auraient des timbres totalement différents, alors que précisément je me souviens d'avoir entendu, au temps de ma jeunesse, une trompette de carton faire retentir de son éclat *cuivré* les échos d'un amphithéâtre de physique.

Un point auquel Hugo Riemann paraît attacher une assez grande importance est de savoir si, comme le veut Schafhaütl contrairement à Helmholtz, la série harmonique qui accompagne un son est une qualité du *son musical en soi.* Il se prononce pour l'affirmative, parce que, dit-il, une même note isolée paraît plus ou moins haute suivant l'instrument qui l'émet : l'ut[3] du violon paraît grave, tandis que celui du violoncelle semble assez aigu. Nous nous demandons s'il n'y a pas là un simple effet de comparaison avec les autres notes connues de l'instrument, car il est bien certain que, dans un ensemble, un son prend sa place

(1) Plus loin il rattache cette importance au fait que *toute musique est vocale à son origine.*

dans l'harmonie quelque instrument qui l'émette. Nous croyons intéressant de noter ici une remarque faite par une musicienne, Mlle Blanche Lucas, et rapportée par M. Arréat dans son récent ouvrage *Art et Psychologie individuelle*. Tandis qu'elle accorde peu d'importance au timbre d'un instrument isolé, le *rapport* des timbres l'intéresse considérablement : " Deux timbres différents, dit-elle, s'opposent non seulement par la couleur, mais aussi par la *dimension* que leur donnent une intensité, un volume différents. Un hautbois près d'un violoncelle n'est pas seulement une couleur claire sur une tache sombre, il est aussi une petite masse à côté d'une plus grande. C'est un mince ornement auprès d'une colonne... Un timbre seul n'est qu'une couleur ; plusieurs timbres de volumes différents deviennent de l'architecture et dès lors les couleurs revêtent des formes. (1) „

Relevons du reste encore une observation de Riemann au sujet des timbres : leur diversité s'oppose à la subjectivation totale de l'œuvre musicale, et c'est pour cela que Berlioz et les compositeurs descriptifs et programmatiques leur accordent une importance si considérable.

Par le terme " dynamique „, notre auteur désigne l'ensemble des variations d'intensité du son. Avec raison, croyons-nous, il lui accorde une grande importance comme facteur intrinsèque de l'expression musicale ; ici encore, comme à propos de l'intonation, il se livre à une longue discussion sur la continuité ou la discontinuité des variations.

Le dernier des facteurs élémentaires de l'expression musicale serait le degré de rapidité avec lequel se produit le changement d'intonation et d'intensité du son : c'est ce que l'auteur a nommé l'*agogique*. A la progression positive des intensités s'allie une accélération de mouvement, et cela bien plutôt sous la forme de modifications du mouvement fondamental, en tant que diminution effective de la valeur des noires, croches, etc., que dans un changement de la répartition de ces durées : il y a, en un mot, modification du *tempo*.

L'art apparaît avec *la conscience nette d'un état formel* ; or, il y a deux facteurs proprement formels de la musique, l'harmonie et le rythme. Revenant à la question de l'échelle tonale, l'auteur parle de l' " audition absolue „, c'est-à-dire de la faculté de reconnaître instantanément une note même isolée, faculté innée

(1) Page 153.

dont l'absence n'est nullement incompatible avec l'existence de dons musicaux développés (1).

A la justification mathématique de la consonance a succédé son explication physiologique ; aujourd'hui on en réclame une psychologique : la science musicale actuelle, dit Riemann, a renoncé à se préoccuper des phénomènes acoustiques ; elle cherche la solution de l'énigme dans le domaine des représentations sonores elles-mêmes. Toutefois, et c'est fort heureux, il se contredit quelque peu en reconnaissant qu'on ne saurait nier l'état de dépendance de ces dernières par rapport aux premiers.

Quoi qu'il en soit, Riemann se rapproche de la théorie de la *fusion* due à Stumpf ; mais il le fait avec une série de réserves peu claires, bien justifiées d'ailleurs par la faculté que possède l'organe auditif de distinguer les éléments d'un seul tout sonore, faculté qui s'oppose à l'idée d'une fusion plus qu'elle ne la confirme.

Son dédain pour l'acoustique nous paraît seul expliquer cette assertion que " l'on se demande encore pourquoi, seul, l'intervalle d'octave peut être élevé à une puissance quelconque sans que la fusion des sons soit le moins du mode amoindrie ". N'est-ce pas, en effet, la conséquence fort naturelle du fait que, l'élévation à l'octave opérant la dichotomie de la courbe vibratoire, la superposition de toutes les octaves possibles conserve inaltérés dans la vibration résultante les nœuds de la vibration fondamentale (2) ? Sous couleur de ne vouloir qu'une explication psychologique, Riemann en arrive à se contenter de cette énonciation : la " relativité des quantités d'intonation n'est rien autre qu'une dénomination pour la sensation spéciale par laquelle nous prenons conscience des rapports d'amplitude et de durée des vibrations ".

Plus intéressante est sa discussion contre Stumpf en vue de poser une différence absolue entre les intervalles musicaux et ceux qui ne le sont pas. Malheureusement il se perd dans des

(1) Nous possédons cette faculté assez développée, en sorte qu'à l'audition il nous semble entendre nommer les notes ; mais il nous est arrivé un accident assez singulier. Ne nous étant pas occupé de musique pendant plusieurs années, nous nous sommes aperçu ensuite que nous nommions les notes un demi-ton trop haut. Semblable accident est arrivé à une personne de notre connaissance.

(2) Il est vrai qu'on obtient la même constance des nœuds par la division en trois parties égales, qui donne ut^1, sol^2, $ré^4$, la^5..., mais les limites pratiques sont vite dépassées.

formules telles que celle-ci où il souligne lui-même comme nous le faisons : " Cette conception harmonique des sons n'est rien moins que *la perception de sons isolés dans le sens d'harmonies*, c'est-à-dire de *conglomérats sonores, formant une unité absolue.* „ Mais plus claire est l'énonciation suivante : " Sont consonants les sons qui appartiennent à une seule et même harmonie (accord parfait majeur ou mineur) et qui sont compris *dans le sens* de cette harmonie. Sont dissonants, les sons qui appartiennent à des harmonies différentes (1) „. On entrevoit là le point de départ d'une théorie qui pourrait être intéressante ; mais, malheureusement, l'auteur n'a pas le don de développer sa pensée avec clarté.

Intéressante aussi serait, si elle était mieux exposée, la théorie de la dissonance, d'après laquelle le son dissonant doit être *compréhensible* par rapport à l'harmonie avec laquelle il est en conflit, compréhensibilité qui le distingue des discordances ou formations *amusicales*. Cette théorie, notons-le, fait comprendre comment certains intervalles paraissent dissonants ou non, suivant qu'ils ne sont pas ou sont au contraire interprétés dans le sens d'un seul accord naturel, majeur ou mineur.

La question des *progressions interdites* donne lieu à quelques remarques intéressantes. Notamment l'interdiction des séries parallèles d'octaves ou de quintes paraît bien expliquée par la fusion trop facile des deux sons qui fait que, dans le cas de ces suites parallèles, les deux voix ne sont plus perçues distinctement.

C'est à Rameau que Hugo Riemann reconnaît l'honneur d'avoir fixé le premier avec une précision absolue, dans son *Traité de l'harmonie*, la notion de la tonique, en tant que point de concentration des rapports harmoniques du ton ; mais l'échelle diatonique moderne n'en est pas moins le point d'aboutissement naturel de la musique ancienne. Riemann fait ressortir d'ailleurs ainsi le double groupement, majeur et mineur, des sept degrés :

Majeur	Mineur
fa la ut mi sol si ré	*ré fa la ut mi sol si*

(1) Accord majeur : 1 : 1/2 : 1/3 : 1/4 : 1/5 : 1/6. Accord mineur : 6 : 5 : 4 3 : 2 : 1.

Nous regrettons de ne pouvoir entrer dans l'étude un peu détaillée des questions de tonalité et de modulation.

Revenant sur l'étude du rythme, l'auteur insiste sur l'existence d'une unité moyenne de durée correspondant aux pulsations normales de l'homme et sur le rapport que présente avec cette unité moyenne l'unité de mesure d'un mouvement ou *tempo*; il discute d'ailleurs assez longuement l'accentuation et le prolongement du temps fort.

Nous arrivons à ce qu'on pourrait appeler l'embryon de la composition musicale, au *motif*. Riemann s'élève justement contre l'énonciation d'un célèbre pédagogue allemand, Lobe, qui, dans son *Traité de composition*, donne ce nom de motif *au contenu d'une mesure* et découpe ainsi outrageusement tel fragment de Beethoven. Mieux inspiré est Nietzsche, quand il définit le motif *le geste de l'émotion musicale*.

Si le motif ne se confond aucunement avec le contenu de la mesure, il ne s'enferme pas moins dans une sorte d'unité du temps musical, et c'est dire qu'il ne saurait être long. S'il engendre ensuite toute une composition ou une partie notable d'une composition, c'est par une application du vieux principe de l'unité dans la diversité, et cela d'abord au moyen de l'imitation et de ses formes accessoires, dont la première est la simple répétition. D'autres fois une transposition, partielle ou totale, à l'octave introduit un changement rudimentaire; une transposition sur un autre degré de l'échelle tonale s'écarte un peu plus de la simple répétition. Puis on altère la composition même du motif en en modifiant tel ou tel intervalle, ou bien on le *renverse*.

A côté de ces imitations par changement d'intonation se placent les imitations par changement du rythme, ce qui constitue le procédé de la *variation*. Nous ne pouvons d'ailleurs que signaler les *motifs adjoints*, assez longuement étudiés par Riemann et dont l'usage reposerait sur des rapports rétrogrades de motif à motif.

Les motifs fragmentaires s'associent pour donner naissance à des formes plus grandes, et c'est là que le *contraste* peut acquérir un rôle important; mais alors apparaît la question de l'unité qui doit rester un caractère essentiel de l'œuvre, et celle du " tempo „ en est une des plus sûres garanties. Cette unité de tempo n'empêche pas d'ailleurs des mouvements d'apparence plus ou moins rapide, grâce aux progressions par valeurs inférieures et par valeurs supérieures à l'unité de temps. Ainsi,

dans un *allegro*, à un premier thème en présentant nettement le caractère, succédera un second thème plus mélodique " en manière „ d'*adagio* ou d'*andante*. Est-il besoin d'ajouter que l'on affirme encore mieux les contrastes par l'emploi de tonalités différentes, ainsi que par des oppositions de *forte* et de *piano*. Enfin le contraste des deux thèmes peut aboutir au *conflit*, analogue à la dissonance. Le conflit se manifeste d'ailleurs dans le *développement*, dont la notion, dit Riemann, est extraordinairement compliquée, car il doit, d'une part, former un contraste avec les thèmes, revêtir un aspect non thématique et, d'autre part, ne rien offrir qui ne soit déjà enfermé dans les thèmes : il combine leurs éléments en une sorte d'alternance kaléidoscopique.

Arrivé au terme de son étude pour ainsi dire technique, l'auteur revient à la question de la nature propre de la musique. Avant tout, répète-t-il, elle transmet les sentiments *directement* de l'âme du compositeur dans celle de l'auditeur ; puis, en second lieu seulement, étant l'un des beaux arts, elle est la manifestation de la joie de créer, le tout sans intervention de la réflexion. En un mot, elle n'est que l'expression spontanée du sentiment sous une belle forme, sans aucune prétention à la *caractéristique* ou faculté de représentation. Ainsi comprise, elle est exclusivement instrumentale et constitue la *musique pure*, une des conquêtes de ces derniers siècles, car ce n'est qu'au XVIIe siècle que la musique commence à se détacher de son alliance avec la danse et la poésie. Contrairement à ce que pense Riemann, il nous semble que la musique pure, qui renonce à toute attache avec son origine vocale et s'enferme de plus en plus dans ces transformations du motif fort bien décrites par lui, tend vers le type de l'*arabesque*, signalé par Hanslick comme son type supérieur, et appelle la contemplation intellectuelle de ses ingénieuses combinaisons. Nous voyons donc là deux pôles opposés, tous deux légitimes, entre lesquels oscille l'art musical. Si, selon le mot final de l'ouvrage, la musique la plus haute *ne veut rien représenter d'autre que ce qu'elle est en soi et par soi*, il nous paraît difficile qu'elle demeure avant tout un mode de transmission du sentiment, quelle que soit sa puissance expressive.

Au milieu d'expressions pénibles, que la traduction n'a sans doute pas rendues plus claires, l'ouvrage de Riemann présente des aperçus intéressants ; mais, en écartant toute explication physique ou physiologique, il se condamne à laisser bien des choses inexpliquées, au sujet desquelles il ne peut écrire que

des phrases assez creuses. Comme conclusion dernière, nous dirons que la vue de cette traduction nous a fait regretter qu'on ne nous en ait pas encore donné une de la célèbre *Tonpsychologie* de Stumpf.

G. LECHALAS.

XVI

HYDRAULIQUE AGRICOLE ET URBAINE, par G. BECHMANN. Un volume gr. in-8° de 642 pages *(Encyclopédie des Travaux Publics de Lechalas)*. — Paris, Ch. Béranger, 1906.

M. Bechmann, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chargé du cours d'Hydraulique agricole et urbaine à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, vient de publier, sous le titre ci-dessus, la substance de son cours. Il y traite de l'eau envisagée au double point de vue de son rôle en agriculture et de son influence sur la salubrité des villes. Il y passe en revue, avec l'autorité qui s'attache à son nom, tout ce qui a rapport à l'utilisation rationnelle de l'eau, tant au point de vue de la culture des terres qu'à celui de l'alimentation et de l'assainissement des villes. Toutes ces applications de l'hydraulique doivent tenir une place considérable dans les études techniques de l'ingénieur.

Les élèves des Écoles spéciales de Louvain ont, dans le cours de chimie industrielle, un chapitre étendu traitant des eaux et trouveront, dans l'ouvrage que nous analysons, des développements importants qui les intéresseront tout spécialement. Ils y retrouveront tout ce qui a rapport aux eaux diverses sous le rapport de leur composition, de leurs propriétés et de tout ce qui concerne les distributions d'eau, l'évacuation des eaux usées et l'épuration des eaux résiduaires.

L'ouvrage comprend, en trois parties, 28 chapitres.

La première partie s'occupe de l'hydrologie avec toutes les généralités sur le régime et l'aménagement des eaux : eaux météoriques, eaux courantes et eaux souterraines. Effets produits par les unes et par les autres. Utilisation de la pente des cours d'eau, disposition des prises d'eaux d'usine, défense contre les effets nuisibles des eaux. On y trouve aussi ce qui a rapport à l'amélioration des eaux naturelles pour l'alimentation

ou pour les usages industriels, au transport de l'eau à distance et à l'élévation mécanique de l'eau.

La deuxième partie est affectée à l'hydraulique agricole et on y trouve, après des notions de génie rural sur le sol, la végétation, les assolements, les engrais, etc., l'utilisation de l'eau en agriculture, l'emploi des irrigations et l'examen des diverses méthodes utilisées. Nous avons retrouvé, dans ce chapitre, les méthodes utilisées dans la Campine belge où les irrigations auraient pu rendre des services beaucoup plus grands si le canal de jonction de la Meuse à l'Escaut avait pu suffire pour donner les quantités d'eau nécessaires aux irrigations. Les besoins de la navigation ont malheureusement empêché de donner à l'agriculture ce qu'elle réclamait dans cette province aride que les irrigations devaient transformer.

La troisième partie, Hydraulique urbaine, est d'autant plus intéressante que l'auteur, anciennement chef du service municipal des eaux et de l'assainissement de Paris, a une compétence toute spéciale pour y traiter des questions de salubrité et d'hygiène : rôle de l'eau, travaux d'alimentation, réservoirs de distribution, réseaux de conduite, vente et tarification. L'auteur termine par les travaux d'assainissement, les égouts et l'épuration du sewage ; il passe en revue l'épuration par le sol avec et sans utilisation agricole, les procédés chimiques et les procédés bactériens ou biologiques.

W.

XVII

Le Sucre. Les Plantes saccharifères, par C. Maréchal. Un volume in-8° de 148 pages, figures dans le texte. — Bruxelles, Knoetig, 1906.

L'auteur de ce travail a voulu présenter au lecteur un aperçu de la question sucrière sous ses différents aspects : origine, fabrication, emplois et propriétés. C'est une œuvre de vulgarisation dont les éléments ont été puisés à bonnes sources.

Nous eussions souhaité toutefois voir traiter de façon plus circonstanciée des plantes saccharifères autres que la canne et la betterave, car c'est justement sur cette partie du sujet que le grand public est le plus ignorant. Dans le même ordre d'idées,

M. C. Maréchal eût, je pense, intéressé ses lecteurs en insistant sur le grand nombre de variétés des cannes, sur leur culture et sur les sélections que l'on continue à opérer dans beaucoup de laboratoires coloniaux. Nous en dirons autant pour la betterave ; ce n'est pas du jour au lendemain qu'on est arrivé à obtenir une betterave sucrière de grand rendement, et les recherches qui nous l'ont donnée ne sont pas sans intérêt. Souhaitons aussi que les gravures qui accompagnent le texte acquièrent dans une prochaine édition la netteté qui leur manque absolument dans celle-ci ; et conseillons à l'auteur de revoir avec soin les noms scientifiques des parasites végétaux et animaux des deux principales plantes saccharifères : plusieurs erreurs s'y sont glissées qui rendent pénible la lecture et parfois même l'intelligence du texte.

Mais ce sont là critiques de détail, et volontiers nous signalons à ceux qui s'intéressent aux produits de grande culture et de consommation mondiale la brochure de M. C. Maréchal.

É. D. W.

XVIII

MINNESOTA PLANT DISEASES, par G. M. FREEMAN, assistant à la chaire de botanique à l'Université de Minnesota. Un vol. de 450 pages, avec 211 figures. — Saint-Paul, Minnesota, 1905.

Dans ces dernières années la connaissance des maladies des végétaux cultivés a fait d'immenses progrès et l'on s'est efforcé partout de les utiliser. La Belgique s'y est employée très énergiquement, mais il est permis de regretter que les bienfaits de cette lutte contre les cryptogames, causes, dans bien des cas, de ces maladies, ne soient pas encore suffisamment connus et appréciés de nos cultivateurs. L'auteur du travail que nous signalons ici estime à plusieurs millions de dollars les pertes annuelles causées dans les plantations du Minnesota par les maladies cryptogamiques des végétaux ; c'est assez dire combien il importe d'y veiller.

Nous n'entrerons pas au détail du contenu de cet ouvrage, admirablement édité et illustré, comme d'ailleurs le sont la plupart des ouvrages publiés par le *Board of Regents of the University for the People of Minnesota*. Disons seulement que l'auteur étudie, dans une première partie, les maladies dans leur généralité et

les divers moyens de les combattre; dans la seconde, il examine plus spécialement les maladies cryptogamiques signalées dans les divers groupes de végétaux cultivés. Une table très détaillée termine le volume. Nous le recommandons vivement à tous ceux qui s'occupent des maladies des plantes ou s'y intéressent dans un but pratique.

É. D. W.

XIX

L'ARGENTINE AU XXe SIÈCLE, par A. B. MARTINEZ et M. LEWANDOWSKI, avec une préface par CH. PELLEGRINI, ancien Président de la République Argentine. — Paris, Armand Colin, 1905.

Ce livre, destiné à faire connaître en France la situation présente et l'avenir économique de la République Argentine, est intéressant aussi pour nous, Belges, qui voyons chaque année un bon nombre de nos compatriotes aller demander là-bas à l'agriculture et à l'industrie les moyens d'existence. D'ailleurs, l'attention de notre vieille Europe se porte de plus en plus vers ce pays, comme le prouvent les nombreux écrits qu'on ne cesse de lui consacrer sur le continent. Aux livres s'ajoutent les discours, et récemment encore, au dernier Congrès colonial allemand, M. le Dr R. Jannasch de Berlin, qui a visité l'Argentine, insistait sur la valeur de cette région au point de vue de l'économie générale et de l'expatriation.

Il est indiscutable, comme le démontrent dans leur livre MM. A. Martinez et Lewandowski, que la République Argentine a subi une immense évolution et que cette évolution a été relativement pacifique, surtout si on la compare à celle de certains États voisins, dont l'instabilité politique a empêché d'ailleurs le développement économique. Ce qui intéresse surtout dans l'évolution de ce pays, c'est la mise en valeur rapide des richesses de son sol, qui a eu pour résultat un mouvement commercial intense ouvrant des débouchés nouveaux à l'industrie et aux capitaux européens; c'est sur ce point qu'insiste également l'auteur allemand auquel nous faisions allusion plus haut.

Au point de vue agricole, l'Argentine peut être divisée en trois régions principales : une région chaude au nord, une

région tempérée au centre et une région un peu plus rude au sud. Ces trois régions permettent la culture de plantes variées. Les principales cultures faites en grand sont celles du blé, du lin, du maïs et de la luzerne. Elles s'étendaient, en 1904-1905, sur une superficie totale de 10 273 054 hectares, soit 1 738 681 hectares de plus qu'en 1902. Une culture sur laquelle il y a lieu d'insister au point de vue argentin, c'est celle de la luzerne. Cette plante est cultivée à deux fins : pour l'exportation à l'état de foin, et pour l'alimentation et l'engraissement du bétail. Les premières cultures se rencontrent le plus souvent à proximité des stations de chemins de fer de façon à permettre l'écoulement facile de la production, destinée surtout au Brésil et à l'Afrique du Sud. Mais la grande zone de cette culture se trouve plus avant dans l'intérieur des terres, où le produit est surtout destiné à l'élevage et à l'engraissement des bêtes à cornes. Aussi le commerce et l'industrie, dérivant de l'élevage, ont-ils fait de grands progrès dans l'Argentine où se trouvent actuellement représentées et sélectionnées les meilleures races de l'Europe.

Il faudrait parler aussi des grandes cultures industrielles, qui existent dans la région, et peuvent être largement développées. Citons entre autres : la canne à sucre ; la vigne, dont les produits, préparés par des procédés plus modernes, pourraient lutter contre l'importation ; le tabac ; le mûrier qui permettrait l'élevage du ver à soie ; le maté dont la consommation déjà importante va croissant ; le coton dont l'avenir est brillant ; le caoutchouc que l'on aurait découvert dans certaines régions, et enfin les fruits qui pourraient donner lieu à un commerce dont le développement semble assuré.

Il suffira, pour démontrer les progrès déjà réalisés, de citer ici quelques chiffres. En 1900, la valeur totale de l'exportation atteignait, pour les produits de l'élevage, 61 000 000 piastres or, en 1904 cette valeur a été de 105 000 000 ; de même pour la valeur des produits de l'agriculture, elle était en 1900 de 73 000 000, et en 1904, de 150 000 000 piastres or.

Un fait économique qui a agi très heureusement sur ce développement, c'est la conversion monétaire, qui supprimait l'agio si préjudiciable aux affaires. Encore, ce qui manque surtout aux Argentins, c'est le capital ; mais il leur viendra sûrement de l'étranger, dès que la paix intérieure aura permis au régime politique de se perfectionner et à l'administration de s'améliorer.

Dès maintenant, en tous cas, l'Argentine mérite de fixer l'attention de l'Europe.

Comme le dit justement M. Pellegrini dans la préface qu'il a bien voulu écrire pour ce livre : " Cet ouvrage doit être lu par tous ceux qui ne croient pas que l'Europe soit le résumé de l'humanité et s'appliquent, au contraire, à suivre le développement de tous les autres peuples, comprenant combien il est nécessaire pour les grandes nations d'observer l'évolution et les progrès des nations plus jeunes. Ils évitent ainsi de se laisser surprendre par l'apparition subite de grandes forces économiques ou politiques, qui n'avaient pas été pressenties ou dont on n'avait point su profiter. "

Souhaitons que l'Europe française profite de ce conseil et qu'elle étudie plus que jamais la situation économique et politique des pays d'outre-mer ; des monographies du genre de celles de MM. Martinez et Lewandowski lui seraient d'un précieux secours et de la plus grande utilité.

É. D. W.

XX

COMPTE RENDU DES OPÉRATIONS ET DE LA SITUATION DE LA CAISSE GÉNÉRALE D'ÉPARGNE ET DE RETRAITE instituée par la loi du 16 mars 1865 sous la garantie de l'État. Année 1905. — Un vol. in-8° de 242 pages. — Bruxelles, 1906.

Le compte rendu annuel des opérations et de la situation de la Caisse générale d'Épargne et de Retraite vient de paraître ; il contient de très nombreux renseignements statistiques. J'y ai puisé ce qui m'a paru le plus propre à montrer les progrès des trois institutions, Caisse d'épargne, Caisse de retraite, Caisse d'assurances, qui forment la Caisse générale ; le tableau suivant donne pour la période décennale 1895-1905 un premier aperçu de ces progrès.

31 DÉCEMBRE	A. CAISSE D'ÉPARGNE					B. CAISSE DE RETRAITE		C. CAISSE D'ASSURANCES	
	NOMBRE DE LIVRETS EXISTANTS	MONTANT DES DÉPÔTS SUR LIVRETS (en millions)	MONTANT TOTAL DES SOMMES DÉPOSÉES (en millions)	MONTANT NOMINAL DES DÉPÔTS SUR CARNETS DE RENTES BELGES (en millions)	AVANCES AUX SOCIÉTÉS D'HABITATIONS OUVRIÈRES ET DE CRÉDIT AGRICOLE (en millions)	NOMBRE APPROXIMATIF D'AFFILIÉS	FONDS DES RENTES (en millions)	NOMBRE D'ASSURÉS	FONDS D'ASSURANCES (en millions)
1895	1 145 408	453	466	114	12	30 000	15,0	3615	1,03
1900	1 757 906	661	678	185	38	300 000	31,0	13 430	6,27
1905	2 311 845	786	806	357	64	780 000	85,2	27 287	11,85

A l'origine, la Caisse générale accordait uniformément 3 % d'intérêt sur la totalité des dépôts d'épargne. En 1881, année de la conversion du 4 1/2 % rentes belges, le taux d'intérêt fut réduit à 2 % pour la partie des dépôts dépassant 12 000 francs ; en 1886, année de la conversion du 4 % rentes belges, le taux d'intérêt fut réduit à 2 % pour les dépôts dépassant 5000 francs. En 1891, la limite de 5000 francs est abaissée à 3000 ; en 1894, le 3 1/2 % rentes belges est converti et la réduction du taux de l'intérêt frappe tout dépôt ayant dépassé 3000 francs dans le courant de l'année. Enfin, en 1902, il fut décidé que le taux d'intérêt de 2 % serait appliqué aux dépôts ayant dépassé 2000 francs dans le courant de l'année. La réduction progressive de l'intérêt accordé aux dépôts n'a pas entravé le développement de la petite épargne ; dans ces dernières années, le nombre et le montant des livrets de 2000 francs et moins n'ont cessé de s'accroître. Le nombre et le montant total des livrets de 2 à 3000 francs ont diminué. Ces résultats apparaissent dans le tableau de la page suivante :

La diminution de l'importance des livrets de 2 à 3000 francs a eu comme contre-partie des conversions nombreuses de dépôts d'épargne en inscriptions sur carnets de rentes belges. Le total des dépôts sur carnets de rentes s'est élevé depuis 1900 de 185 à 357 millions.

31 décembre	NOMBRE DE LIVRETS				SOMMES DÉPOSÉES SUR LIVRETS (1) (en millions)			
	1 à 1000 francs	1000 à 2000 francs	2000 à 3000 francs	Au-dessus de 3000 francs	1 à 1000 francs	1000 à 2000 francs	2000 à 3000 francs	Au-dessus de 3000 francs
1902	1 714 767	203 960	48 218	6525	229,4	308,7	123,3	48
1903	1 819 052	242 558	18 765	8073	241,8	373,6	46,4	53,7
1904	1 922 918	260 881	13 358	7895	254,3	401,2	32,2	55,9
1905	2 009 625	283 181	11 354	7685	262,8	424,7	27,2	49,7

L'épargne a pris en Belgique un développement considérable ; en 1898, on comptait un livret pour cinq habitants, un pour quatre, en 1900, actuellement, presqu'un livret pour trois habitants. L'épargne n'est pas pratiquée également dans tout le pays; l'arrondissement de Bruxelles compte le plus d'épargnants, 448 pour 1000 habitants, celui de Hasselt, le moins, 181 pour 1000 habitants. C'est dans l'arrondissement de Furnes que les dépôts d'épargne sont relativement le plus élevés, 592 francs, en moyenne, par livret ; c'est dans celui de Mons qu'ils sont le plus faibles, 224 francs, en moyenne, par livret. Le nombre d'épargnants est sensiblement le même pour les deux sexes; sur 226 073 livrets créés en 1905 et soumis à l'observation, on en a relevé 116 947 pour les hommes et 106 650 pour les femmes. La classe ouvrière continue à fournir le plus fort contingent d'épargnants; les progrès de l'épargne scolaire s'accentuent de plus en plus, ce qui est un heureux présage pour l'avenir des œuvres de prévoyance : sur 100 000 livrets créés annuellement on en comptait, en 1905, 57 165 appartenant à des enfants mineurs. Ce chiffre suggestif montre autant l'excellente situation de l'épargne scolaire que les heureux résultats de la loi de 1900 sur l'épargne de la femme mariée et du mineur. Avant cette loi, sur 100 livrets ouverts au nom de femmes majeures, 13 à 14 °/₀ de celles-ci, seulement, se déclaraient mariées; la proportion varie actuellement de 41 à 42 °/₀. En 1901, au lendemain de la

(1) Non compris les intérêts de l'année courante.

mise en vigueur de la loi, 10 513 livrets furent ouverts sous son bénéfice. En 1905 le nombre de ces livrets avait doublé, 20 379.

L'augmentation des dépôts a pour conséquence l'augmentation des placements de la Caisse d'épargne. De 768 839 840 fr. 38, en 1903, ils se sont élevés à 796 457 493 fr. 81, en 1904 et à 821 749 468 fr. 71 en 1905. Un fait important à constater, c'est que le taux des produits des placements diminue alors que l'intérêt bonifié aux dépôts correspondants augmente. Ce taux a été de 3 °/₀ 15 en 1903, de 3 °/₀ 074 en 1904, de 3 °/₀ 018 en 1905 ; l'intérêt moyen des dépôts a été de 2 °/₀ 75 en 1903, de 2 °/₀ 80 en 1904, de 2 °/₀ 82 en 1905. Cette situation provient évidemment, d'une façon générale, de la diminution de la valeur du loyer de l'argent, mais elle tient aussi à certains placements onéreux. Au 31 décembre 1905, la Caisse générale avait avancé aux sociétés d'habitations ouvrières: fr. 27 790 128,13 à 2 1/2 °/₀, fr. 32 751 603,43 à 3 °/₀ et seulement fr. 1 676 476,17 à 3 1/4 °/₀. Depuis dix ans le total des avances aux sociétés de l'espèce a plus que quadruplé et a passé de 2 °/₀ 96 à 7 °/₀ 68 de l'ensemble des placements définitifs. La Caisse d'épargne ne retire pas 3 °/₀ des avances faites aux comptoirs agricoles et, d'autre part, elle accorde un intérêt de 3 °/₀ sans limitation de dépôt, aux sociétés d'habitations ouvrières, aux sociétés coopératives de crédit agricole affiliées à une caisse centrale et aux sociétés mutualistes reconnues.

La loi du 15 avril 1884 a permis à la Caisse d'épargne d'employer une partie de ses fonds disponibles en prêts aux agriculteurs à l'intervention de comptoirs responsables. Jusqu'ici cette disposition n'a pas produit de grands résultats. Huit comptoirs existaient seulement au 31 décembre 1905 ; à cette date, 1968 prêts étaient en cours pour un total de fr. 8 190 941,84 ; 789 de ces prêts, représentant fr. 4 071 741,15, avaient été conclus à l'intervention d'un seul comptoir, celui de Genappe. Depuis 1884 jusqu'au 31 décembre 1905, 2935 prêts ont été consentis pour un total de 17 160 809 francs.

Les rapports de la Caisse d'épargne avec les sociétés coopératives de crédit agricole affiliées à une caisse centrale ont été réglés par la loi du 21 juin 1894. Au 31 décembre 1905 le nombre de ces sociétés s'élevait à 438. Six caisses centrales et 237 caisses locales avaient effectué des dépôts à la Caisse d'épargne pour une somme globale de fr. 4 464 353,81; 163 sociétés avaient obtenu des ouvertures de crédit pour une somme de 594 832 francs, mais ne s'en étaient servies qu'à concurrence de fr. 143 252,34. Le montant total des prêts effectués par les sociétés rurales, qui

ont fourni des renseignements détaillés, s'élevait, à la fin de 1905, à fr. 5 138 687,88 ; ces mêmes sociétés avaient recueilli fr. 12 658 174,83 de dépôts d'épargne. On peut en déduire que les sociétés rurales fonctionnent en général avec plus d'activité comme caisses d'épargne que comme caisses de crédit.

Au 31 décembre 1905, 170 sociétés d'habitations ouvrières étaient agréées par la Caisse d'épargne, 160 sous forme anonyme, 10 sous forme coopérative. Fr. 59 716 604,06 avaient été avancés à 126 sociétés de crédit ; fr. 2 501 603,67 à 38 sociétés immobilières. Au 31 décembre 1905, le solde des fonds déposés en comptes courants à la Caisse d'épargne par les sociétés agréées se montait à fr. 4 344 864,11. Jusqu'à présent et depuis l'origine les sociétés agréées ont construit ou acquis 33 046 maisons.

Le 31 décembre 1900 la Caisse de retraite comptait 300 000 affiliés, elle en comptait 780 000 au 31 décembre 1905. Au cours de 1905 le nombre des affiliés s'est accru de 85 138, y compris 11 967 militaires affiliés en vertu de la loi de 1902 sur la milice et la rémunération des miliciens. De 31 millions de francs en 1900, le fonds des rentes s'est élevé à 85,2 millions en 1905. Au 31 décembre 1905, il existait 175 mutualités patronales comptant 52 793 adhérents. Le montant des versements s'est élevé de fr. 5 121 056,02 en 1900, à fr. 12 685 100,71 en 1905.

Les primes de l'État afférentes aux versements de 1904 ont été de fr. 3 549 997,20 répartis entre 503 548 affiliés, dont 503 332 mutualistes et militaires et 216 affiliés versant à titre particulier. Les primes des provinces ont été de fr. 527 490,42 ; les primes des communes ne sont pas renseignées.

Au 31 décembre 1905, la caisse d'assurance comptait 29 099 contrats représentant fr. 60 663 388,43 de capitaux assurés. De ces 29 099 contrats, 23 284 avaient été conclus dans le but de garantir, en cas de décès, le remboursement de prêts consentis pour l'achat ou la construction d'habitations ouvrières; 5845 avaient été conclus en matière d'assurance sur la vie pure et simple. Ces derniers contrats ne représentent que fr. 7 642 399,58 de capitaux assurés.

***

XXI

De l'Esprit du gouvernement démocratique, par Adolphe Prins. Un vol. in-8° de 294 pages. — Bruxelles-Leipzig, Misch et Thron, 1906.

Le nom seul de l'auteur donne la garantie d'une œuvre solide et consciencieuse. Des pensées originales et personnelles, une doctrine nette et sûre, le tout exprimé dans une langue claire et facile : voilà ce qu'on espère en ouvrant un livre où s'étale la signature si avantageusement connue de M. Prins. Et vraiment, l'attente est loin d'être déçue pour qui prend le loisir de suivre l'éminent professeur dans la dernière étude qu'il a publiée sur les bases de la politique moderne, je veux dire sur les principes qui, grâce au contrat social de Rousseau, sont devenus depuis la fin du XVIIIe siècle la norme incontestée de tout bon gouvernement. Il ne s'agit ni d'exalter ni de conspuer la démocratie, mais de rechercher les conditions normales d'existence du régime démocratique. Vérifier les assises qu'on lui donne dans l'école radicale, voilà ce qu'a entrepris l'auteur, esprit assez vigoureux et assez sûr de lui-même pour aborder, sans l'appui d'une pensée étrangère, la revision d'un problème qu'on aurait pu dire classé et sur la solution duquel bien des penseurs soi-disant libres se seraient fait scrupule de revenir. Sa conclusion n'est pas de nature à satisfaire le snobisme démocratique : d'après lui, le principe égalitaire, le principe majoritaire et le suffrage universel, ces trois axiomes du radicalisme simplificateur qui nous enveloppe de son atmosphère depuis le contrat social, ne sont autre chose que " des idées générales subsistant par routine et passant pour des vérités d'avenir, alors qu'elles sont déjà dans le passé et que les expériences faites, l'étude attentive des événements, des faits économiques et des institutions politiques ont élargi l'horizon et fait entrevoir des progrès nouveaux ".

C'est d'abord à l'utopie égalitaire que s'attaque M. Prins. Ce rêve d'une cité parfaite et d'une société d'égaux, vieux comme le monde et se rajeunissant d'époque en époque avec lui, s'est reproduit de nos jours sous la forme du marxisme, tout comme on l'avait vu grandir il y a un siècle sous la forme d'une protestation contre le pouvoir des rois et d'une revendication de la souveraineté populaire. Les bourgeois s'étaient contentés d'appliquer le principe égalitaire à la vie politique ; les prolétaires étaient dans leur droit en le transportant sur le domaine économique et en réclamant comme société idéale, non pas celle où tout le monde aurait son mot à dire dans l'élection des chefs et la confection des lois, mais celle où régnerait la parfaite égalité des conditions sociales, où il n'y aurait plus distinction de riches et de pauvres, de capitalistes et de travailleurs, une société où la production des biens aurait lieu également pour tous, sans

capital ni propriété privée. L'auteur s'attache à montrer que cette dernière conception est particulièrement simpliste et que sa réalisation marquerait non pas un progrès, mais un recul. Un système de propriété sociale sans capital ni échange, tel que le collectivisme le conçoit, ce n'est pas un point d'arrivée, mais un point de départ ; l'évolution progressive, loin de nous conduire au nivellement de toutes les différences et de toutes les variétés, à l'unification des groupes, des organes et des individus, amènera " une différenciation toujours plus marquée des facteurs sociaux, une spécialisation de plus en plus accentuée de tous les éléments de la vie sociale qui, latents dans la communauté naissante, s'en détachent et se développent à travers les siècles ". Du même coup apparaît l'erreur grossière des radicaux touchant l'égalité politique. Dire que tous les hommes ont un droit égal au pouvoir, c'est admettre que tous sont également qualifiés pour le gouvernement, c'est ne pas tenir compte " des inégalités et supériorités résultant de la nature même et correspondant à des degrés divers de capacités, d'aptitudes, de devoirs et de responsabilités ". La vraie démocratie doit sans doute combattre les classifications arbitraires et conventionnelles de citoyens ; mais à vouloir empêcher les classes et les ordres de se dessiner sous la poussée de la nature elle-même, on ne peut produire que la médiocrité parce qu'on empêche la libre expansion des forces sociales.

Où M. Prins est surtout original, c'est quand il montre, en discutant le principe majoritaire, que, pratiquement, ceux-là mêmes qui proclament la souveraineté populaire doivent reconnaître à un groupe le pouvoir exclusif de gouverner le reste de la communauté. Pour connaître la volonté générale, unique arbitre de toutes les mesures à prendre, ils ne tiennent compte que de la majorité, c'est-à-dire qu'ils admettent cette fiction représentative " que la moitié plus un vaut la totalité ". Or, de quel droit peuvent-ils agir ainsi, après avoir posé comme principe que " toute loi que le peuple en personne n'a pas ratifiée est nulle " ? Si une fraction peut commander au nom du tout, pourquoi pas un Parlement ou un César plébiscitaire ? Le gouvernement du peuple par le peuple n'est qu'un mot sonore dans un régime où les volontés individuelles ne comptent que si elles sont majorité. Pourquoi une décision prise par la collectivité moins ma voix devient-elle la volonté générale plutôt que la volonté des autres ? Le principe majoritaire est impuissant à me faire comprendre pourquoi je dois m'y soumettre. Impossible de me prouver que c'est pour moi un devoir de payer des impôts que je n'ai point

votés, sans faire appel — comme dit très bien le savant professeur bruxellois — à une loi morale qui plane par dessus la volonté du peuple elle-même, modérant à la fois les actes de la majorité et ceux de la minorité et imposant des limites à leurs caprices, une loi qui commande à la minorité de s'incliner devant les décisions du plus grand nombre au nom de l'ordre légal, mais qui commande en même temps à la majorité de s'incliner devant l'intérêt de tous au nom de la justice.

Reste une troisième idole dont le XIXe siècle a propagé le culte : c'est le suffrage égalitaire de tous les individus comme moyen de désigner les représentants du peuple et de connaître ce qui est dans l'intérêt commun. Celle-là aussi est renversée impitoyablement par M. Prins. Le suffrage universel brut, conclut-il avec sa franche impartialité, est un véritable trompe-l'œil : il n'a fourni ni une expression fidèle de la volonté générale, ni une sélection rationnelle des hommes de gouvernement, ni un moyen efficace d'assurer l'équilibre politique, la protection et la représentation des intérêts de tous.

Un dernier chapitre étudie comment il faut tempérer ce que ces principes de la démocratie classique ont d'absolu, comment il faut corriger ce qu'ils ont de chimérique, pour obtenir un système réalisable, " une démocratie moins exubérante — comme dit M. Prins dans son Introduction — d'apparence moins régulière et moins parfaite, mais tenant mieux compte de la relativité de la vie, des traditions, des nécessités pratiques, et cherchant plus à combiner les éléments en présence qu'à détruire ceux qui lui déplaisent „. La vraie façon d'organiser le régime démocratique est précisément, d'après lui, de favoriser ce que Rousseau condamnait, de tenir mieux compte de la structure naturelle de l'État, de laisser se développer les groupements partiels dont il est constitué. L'expérience anglaise démontre que le maintien d'une structure organique de l'État et de groupes locaux n'empêche pas la formation du sens social et la poursuite efficace de l'intérêt commun, tandis que le radicalisme centralisateur, avec son esprit égalitaire et individualiste, n'a pu empêcher les plus violentes oppositions des intérêts et des volontés. " La démocratie n'est rien sans de fortes institutions locales ; la liberté n'est rien sans de fortes libertés locales ; une bonne administration et une bonne représentation des intérêts locaux ont plus d'importance à ce point de vue que l'élévation du chiffre des électeurs ou l'égalité numérique des votants. „

Réaction courageuse contre des erreurs passées à l'état

d'axiomes, le livre de M. Prins rencontrera sans doute des adversaires qui le condamneront sans vouloir le discuter. Il n'en aura pas moins grande influence sur les esprits sincères, qui apprendront de lui à distinguer entre la démocratie réelle et la démocratie d'imagination. Cette étude sera lue avec avantage non seulement par les professionnels de la matière, mais par tous ceux qui sont en quête d'une réponse adéquate aux bruyantes déclamations des démagogues modernes. Jamais, croyons-nous, on n'a mieux réfuté le socialisme en restant sur son terrain ; jamais on n'a mieux montré aux radicaux que la raison, le seul juge qu'ils reconnaissent, les condamne.

E. D.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE

Les dépôts siluriens dans le nord de l'Afrique. — Au nombre des résultats les plus remarquables qu'aient fait ressortir les dernières explorations africaines, il faut mentionner la découverte, faite en différents points du Sahara et du Maroc, de schistes siluriens à graptolithes, indiquant soit l'étage gothlandien, soit peut-être aussi le sommet de l'ordovicien.

La première indication de ce genre avait été donnée par M. Munier-Chalmas, qui, en clivant un schiste rapporté par l'explorateur Foureau des environs de Timassanine, y découvrit un *Climacograptus* (1). Depuis lors, on a rencontré, à cent et dix kilomètres au sud-est d'In-Salah, du schiste à *Diplograptus*, *Climacograptus*, *Monograptus* (2), et, plus récemment encore, M. Gentil (3) a trouvé, dans l'Atlas marocain, à cent kilomètres à l'est de Marrakech, des schistes contenant les *Monograptus*, *Rastrites* et *Diplograptus* caractéristiques de la base du gothlandien.

Pendant ce temps, M. Brives (4) recueillait des orthocères aux environs de Marrakech, dans un ensemble de schistes et de quartzites. Si l'on songe que, jusque là, le gothlandien n'était pas connu au sud de l'Espagne et de la Sardaigne, on jugera

(1) Haug *in* Foureau, *Mission saharienne*, 1905.

(2) Cottenest *in* Flamand, COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, CXL, p. 954.

(3) BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE, 4e série, t. V, p. 521.

(4) *Société géologique de France*, 7 février 1905.

de l'extension considérable que ces nouvelles découvertes permettent d'attribuer à la mer du silurien supérieur.

Le dévonien en Podolie. — La question, longtemps embrouillée, du prétendu silurien supérieur de la Bohême, a fini par être éclaircie le jour où on a reconnu que Barrande avait, par erreur, compris dans son système silurien toute une série de couches qui, en réalité, formaient l'équivalent du dévonien inférieur et même, en partie, du dévonien moyen. Ces deux étages se sont développés, en Bohême, sous un facies tout à fait différent de celui qui prévaut en Belgique et dans l'Eifel. Ce facies spécial a reçu le nom d'*hercynien*, et on a constaté qu'il caractérisait également le dévonien inférieur dans l'Oural méridional.

Il était à présumer que le régime marin de la Bohême se reliait, à l'époque dévonienne, avec celui de l'Oural, et que la communication devait s'établir par la Podolie. Cette induction est devenue une certitude, depuis les constatations faites dans cette contrée par M. Siemiradzki (1). Le silurien supérieur, en couches sensiblement horizontales et très fossilifères, forme une série complète, où l'on distingue les divers horizons du Wenlock et du Ludlow, y compris les couches de passage, schistes ou grès verts et rouges, à *Beyrichia*.

Par-dessus apparaît le dévonien inférieur à *Pteraspis rostratus*. Mais tandis que, dans l'ouest, à Buczacz, ce sont des grès rouges typiques *(old red)*, à Zaleszczycki, des calcaires apparaissent dans les schistes et, à Satanow, plus à l'est, les calcaires intercalés deviennent bitumineux.

Le même passage latéral s'observe dans les couches à *Coccosteus*, qui surmontent les précédentes. A l'ouest, ce sont des grès rouges, et, en passant vers l'est, on les voit se transformer graduellement en schistes verdâtres avec intercalation de calcaires où abondent les espèces de l'étage F_2 de Bohême. Les *Streptorhynchus umbraculum*, *Strophomena interstrialis*, *Rhynchonella pseudolivonica*, figurent dans cette faune. Sur le Zbrucz supérieur et ses affluents, cet horizon offre des bancs de polypiers, *Amplexus eurycalyx*, *Michelinia geometrica*, *Heliolites porosa*, par lesquels le dévonien hercynien de la Podolie se relie aux couches de Pologne et à celles de la Bohême. L'horizon paléontologique, dont il vient d'être question, avait été signalé

(1) BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE, janvier 1906.

en 1899 par M. Wenukow; mais cet auteur y avait vu une apparition de fossiles dévoniens dans le silurien.

D'après M. Siemiradzki, le silurien supérieur de la Podolie correspondant parfaitement, par sa faune, au gothlandien d'Angleterre et à celui de la Baltique, c'est avec le dévonien inférieur que se serait produite l'invasion par ce bassin des espèces de la Bohême.

Il est intéressant de voir se confirmer ainsi, une fois de plus, la complète équivalence du vieux grès rouge inférieur avec la base du dévonien typique.

Le dévonien au Sahara. — La connaissance du terrain dévonien en Afrique n'a pas moins bénéficié que celle du silurien des dernières explorations faites par les officiers et les géologues français dans la partie occidentale (Ahenet) du Sahara central.

On savait déjà que, dans le Sahara, les grès eodévoniens ont une grande importance, formant de grands plateaux, qui reposent sur un substratum plissé de terrains métamorphiques. Dans l'Ahenet, ces grès sont de véritables grauwackes (1), contenant un *Spirifer* voisin de *S. Hercyniæ*, des *Homalonotus*, *Pterinea* et *Tentaculites*, accompagnés de *Tropidoleptus rhenanus*, genre de brachiopode caractéristique du dévonien inférieur de l'Amérique.

Au sommet des grès viennent des marnes bariolées, avec un *Spirifer* voisin de *S. cultrijugatus*, et que couronnent des marnes riches en brachiopodes, parmi lesquels *Tropidoleptus carinatus*, connu en Amérique des couches de Hamilton (base du dévonien moyen ou *eifélien*). En certains points apparaissent des couches à fossiles ferrugineux, où abonde une goniatite que M. Haug rapproche d'*Anarcestes nuciformis*, du *givétien*. Enfin le dévonien supérieur a été découvert dans la même région et, au Mouydir, il est représenté par des couches à *Spirifer Verneuili* et *Productella*.

Ainsi le dévonien est bien caractérisé en Afrique, où il offre des affinités, à la fois avec le type américain du système et avec celui des régions classiques de l'Europe (Ardennes, Eifel, Région rhénane).

L'assise des ampélites de Chokier. — On place généralement, à la base du terrain houiller de Liége et du Hainaut, une

(1) Haug, COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, CXLII, p. 732.

assise de roches siliceuses (phtanites). à laquelle correspond l'ampélite fossilifère de Chokier.

Jusqu'ici, dans le bassin de Mons, cette assise n'était connue que par quelques affleurements très limités. Le charbonnage de Baudour ayant eu l'occasion de la suivre par des travaux souterrains importants, M. Cornet (1) y a recueilli une faune abondante de céphalopodes, de pélécypodes et de poissons. Cette faune offre une très grande analogie avec celle de la série dite de *Pendleside*, que les géologues anglais placent *au-dessous du millstone grit*. De même, la flore de l'assise, étudiée par M. Renier (2), ne contient que peu de formes westphaliennes, tandis que la plupart de ses espèces accusent l'étage du *Culm* et, en tout cas, indiquent un âge plus ancien que celui de la zone inférieure reconnue par M. Zeiller dans le bassin de Valenciennes. Ces indications concordantes tendraient à vieillir l'assise des ampélites en la faisant descendre dans le dinantien.

L'origine des couches de houille. — La question, si délicate, de l'origine des couches de houille, continue à soulever de nombreuses controverses. Les uns sont partisans de la théorie de la formation sur place ou *autochthone* : d'autres (parmi lesquels se range l'auteur de ces lignes) croient que de très puissants arguments militent en faveur de la formation par transport ou *allochthone*.

Dans ces conditions, il est intéressant de recueillir toutes les observations nouvelles qui peuvent contribuer à élucider le problème. Or il en est une, due à MM. Douvillé et Zeiller (3), dont l'importance n'échappera à personne.

On sait que, dans les bassins houillers de l'Angleterre, notamment au Lancashire, on trouve fréquemment, soit au toit des couches de houille, soit dans ces couches elles-mêmes, des concrétions à ciment calcaire, dites *coal-balls*. Ces concrétions sont recherchées à cause de la conservation exceptionnelle des restes végétaux qu'on y rencontre, et donnent lieu à des préparations de plaques minces, recherchées par les collectionneurs.

Or, dans plusieurs de ces plaques, les auteurs que nous venons de nommer ont reconnu, au milieu des matières ulmiques et des végétaux à divers degrés de décomposition, l'existence de

(1) Comptes rendus, CXLII, p. 734.
(2) Ibid., p. 736.
(3) Bulletin de la Société géologique de France, 4e série, t. V, p. 154.

nombreuses coquilles de *goniatites*, en général de très petite taille, mais parfaitement déterminables. La portion de couche où se rencontrent ces restes est donc incontestablement de formation *marine* ; et si l'on prétend y voir le résultat de l'invasion par la mer d'un ancien sol forestier, sur lequel s'étaient accumulés *en place* les débris décomposés qui ont donné naissance au charbon de terre, il restera inexplicable que les débris en question aient pu rester où ils étaient, sans être complètement balayés par l'invasion marine qui amenait les goniatites ; et si l'on songe qu'à cette invasion marine aurait dû succéder de suite un apport sédimentaire d'origine continentale, pour expliquer l'abondance habituelle des débris de fougères dans les schistes du toit, on jugera combien est peu vraisemblable l'hypothèse d'une houille autochthone, alors que ces diverses circonstances s'expliquent si facilement dans la théorie des deltas de M. Fayol.

Le trias marin au Mexique. — Lorsque, il y a quelques années, la présence du trias marin fossilifère fut signalée en Californie et jusque dans l'État de Nevada, M. Perrin Smith (1) fit observer que la faune de ce terrain présentait plus d'analogie avec celle du trias alpin (notamment les couches de Hallstadt) qu'avec celle du trias asiatique. Cela pouvait faire soupçonner (bien que ce ne fût pas la conclusion de l'auteur) qu'une communication directe avait pu exister par l'Atlantique entre la mer californienne et celle de l'Europe méditerranéenne. Néanmoins toute trace de cette communication faisait encore défaut, en Amérique, au sud du 35e parallèle et, pour retrouver des dépôts marins triasiques, il fallait aller en Colombie et au Pérou.

Or, voici qu'en plein centre du Mexique, à Zacatecas, MM. Burckhardt et Scalia (2) viennent de trouver, au milieu de grès et d'argiles subordonnés à des tufs et à une diabase, des fossiles marins, à la vérité mal conservés, mais où l'on reconnaît des ammonoïdes des genres *Sibirites*, *Juvavites*, *Protrachyceras*, ainsi que des lamellibranches, notamment des aviculidés et des *Palæoneilo*.

Les couches fossilifères sont directement appliquées sur des schistes sériciteux très anciens. Elles témoignent d'un dépôt

(1) Proceedings of the Californian Academy of Sciences, third series, I (1904), p. 367.

(2) Boletin del Istituto Geologico de Mexico, no 21, 1905.

littoral, formé en bordure d'un bras de mer triasique qui, venant de Californie, passait sans doute au nord d'une terre formée des Antilles et d'une partie de l'Amérique centrale, pour rejoindre ensuite le sud de la Méditerranée.

Le crétacé inférieur au Maroc. — L'exploration du Haut-Atlas marocain a permis de découvrir dans ce pays deux horizons crétacés, remarquables par leur analogie avec les formations synchroniques du sud de la France (1).

Le premier de ces horizons appartient à l'aptien supérieur ou *gargasien* à plicatules. L'abondance des ammonites des genres *Desmoceras, Puzosia, Lytoceras, Phylloceras,* associés aux *Parahoplites,* différencie un peu cette faune de celle de Gargas en Provence, en la rapprochant de celle de certains gisements algériens.

L'autre horizon, à cheval sur l'aptien et l'albien, correspond aux couches de Clansayes dans la Drôme. On y trouve les genres *Parahoplites* et *Douvilleiceras,* exactement comme dans la région delphinoprovençale, où d'ailleurs cet horizon a une extension beaucoup plus grande qu'on ne le soupçonnait autrefois (2).

Le crétacé supérieur sur la terre Louis-Philippe. — Personne n'a oublié l'émotion excitée, dans le monde géologique, par l'annonce des découvertes de fossiles que l'expédition Nordenskjöld avait faites à l'île Seymour, derrière les terres de Graham et de Louis-Philippe. On savait qu'il s'y trouvait des céphalopodes d'âge crétacé, mais on n'en connaissait pas avec précision le niveau.

Cette faune si intéressante, comprenant plus de 200 échantillons d'ammonoïdes, dont quelques-uns remarquablement conservés, a été étudiée par M. Kilian (3). Par la prédominance des genres *Pachydiscus, Holcodiscus, Gaudryceras,* etc., cette faune se rattache sans conteste à l'étage aturien (sénonien supérieur), peut-être aussi en partie à l'emschérien. Ses principales analogies sont avec les faunes indiennes d'Aryaloor et de Valudayoor, près de Trichinopoly ; mais il y a également des accointances avec le crétacé de Vancouver et avec celui de Quiriquina (Chili).

En somme, cette faune appartient au type indo-pacifique. Un bras de mer venant du Pacifique a dû passer alors entre le

(1) Kilian et Gentil, COMPT. REND., CXLII, p. 603.
(2) Jacob, BULL. SOC. GÉOL. DE FRANCE, 4e série, V, p. 399.
(3) COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, CXLII, p. 306.

massif brésilien et un continent austral, dont le bord oriental seul a été conservé sous la forme de la côte du Chili méridional, et qui, échancrant la même terre par un golfe sur l'emplacement de la mer de Weddell, allait rejoindre l'Afrique australe sur la côte de Natal.

L'éocène et l'oligocène dans le sud-ouest de la France. — Nous sommes bien loin maintenant de l'époque où le terrain *nummulitique* pyrénéen apparaissait aux auteurs de la carte géologique de France comme un ensemble antérieur au terrain tertiaire parisien, et où Leymerie, n'osant pas se prononcer catégoriquement dans ce débat, l'englobait sous la dénomination commode de terrain *épicrétacé*.

On sait aujourd'hui que si, dans les synclinaux pyrénéens, le passage est graduel du crétacé supérieur (craie de Tercis) au nummulitique fossilifère, non seulement ailleurs la grande masse de ce nummulitique descend rarement au-dessous du lutétien, mais que des couches franchement oligocènes s'y trouvent comprises.

Une étude d'ensemble sur ces formations du sud-ouest de la France a été donnée récemment par M. H. Douvillé (1), qui en a débrouillé la série, à travers les variations des facies, grâce à la considération des foraminifères, notamment des nummulites et des orbitoïdes *(Orthophragmina, Lepidocyclina)*.

Parmi les faits saillants ainsi mis en lumière, il y a lieu de mentionner les suivants : la série de Biarritz ne descend pas au-dessous du lutétien supérieur. Le bartonien, généralement peu fossilifère, est plutôt marneux, étant caractérisé par les marnes bleues à pentacrines de la côte des Basques. Au-dessus, et débutant par des poudingues, qui attestent un mouvement du sol, vient l'oligocène inférieur à petites nummulites, associées à Biarritz avec les premiers représentants des genres *Clypeaster* et *Scutella*. C'est à cet oligocène inférieur que M. Douvillé rattache, avec les couches de Gaas, le calcaire à astéries de la Gironde.

Ensuite se serait produite une émersion, attestée par la discordance qui existe entre les couches précédentes et les assises à *Lepidocyclina*, dont la base, visible à Abbesse près St-Paul de Dax, forme passage entre l'aquitanien et le burdigalien.

Les mêmes vicissitudes se sont produites dans le bassin de

(1) BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE, 4e série, t. V, p. 9.

Paris, et M. Douvillé en conclut que les oscillations du sol parisien, pendant l'époque éocène et oligocène, ne sont que le retentissement des mouvements beaucoup plus importants qui se produisaient à la même époque dans la région pyrénéenne.

Les progrès de la tectonique alpine. — On sait à quels débats retentissants a donné lieu la question des nappes de recouvrement dans les Alpes. A la suite des brillantes études de M. Lugeon sur le Chablais, la doctrine du charriage dans les Préalpes a reçu de nouvelles et précieuses adhésions ; d'abord celles de MM. Haug et Kilian, à qui l'on doit la connaissance des nappes de recouvrement de l'Ubaye ; ensuite celle de M. Heim, d'autant plus significative que ce géologue éminent, dont M. Lugeon s'honore d'avoir été l'élève, avait longtemps soutenu une explication différente, résumée dans la thèse célèbre du *double pli* de Glaris.

Non seulement, dans une lettre publique à M. Lugeon, M. Heim a déclaré qu'il abandonnait cette hypothèse, pour se rallier à celle d'une nappe unique, charriée du sud vers le nord par dessus le flysch ; mais il s'est plu à reconnaître que la nouvelle manière de voir éclairait d'une façon décisive certains problèmes de tectonique, qui jusqu'alors lui avaient paru insolubles.

A cette occasion, reprenant avec ses élèves l'étude de son massif de prédilection, celui du Sentis, M. Heim en a donné (1) une superbe monographie, accompagnée de très belles photographies et de nombreux croquis tectoniques comme le savant géologue de Zurich excelle à en faire. Le Sentis y apparaît comme un faisceau de dix à douze plis, dont six principaux, tous recourbés en crochet vers le nord, par l'effet d'une poussée méridionale, ainsi qu'il est aisé de l'établir en reconstituant la surface structurale du *Schrattenkalk* affecté par ce plissement. Les roches de la nappe vont depuis le néocomien jusqu'à l'éocène, et le tout ensemble a été charrié du sud au nord par dessus le flysch oligocène. Le soin avec lequel les différents plis ont été suivis dans leur développement, soit du nord au sud, soit de l'ouest à l'est, ainsi que l'analyse détaillée des circonstances qui ont plus ou moins favorisé la production de cassures transversales, font de cette monographie (d'ailleurs traduite par

(1) *Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Das Säntisgebirge.* Berne, 1905.

un plan relief à l'échelle du 5000e), un des plus beaux modèles du genre qu'il soit possible de citer.

Depuis ses premiers travaux sur le Chablais, M. Lugeon, avec le concours de M. Argand (1), a étendu ses études au versant piémontais des Alpes. Ces auteurs ont reconnu, au sud de l'espace limité d'un côté par le massif du Mont Blanc, de l'autre par celui de l'Aar, une succession de *six nappes* superposées, dont les plus profondes sont celles d'Antigorio, du Lebendun et du Monte Leone, la plus récente et la plus haute étant celle de la Dent Blanche, vaste lambeau avec anticlinal de gneiss, reposant tout entier sur un soubassement mésozoïque.

Plus récemment encore (2), M. Argand a réussi à préciser ces données, en découvrant le pli frontal de la nappe de la Dent Blanche, et en montrant que celle-ci offre des replis postérieurs à sa mise en place, dans lesquels sont enfermées, au Collon, à la Valpelline et au Mont Mary, des zones de roches basiques en relation évidente avec celles d'Ivrée. Il a pu établir également que cette zone d'Ivrée est un synclinal, butant au sud contre la zone cristalline du Strona, laquelle forme le bord méridional de l'ancien géosynclinal alpin des schistes lustrés, et doit être considérée comme la racine des nappes des Alpes orientales. On lui doit aussi cette remarque, que le métamorphisme caractérisé par les roches vertes va en croissant du bord externe au bord interne (ou piémontais) du géosynclinal.

L'un des résultats les plus importants des recherches de MM. Lugeon et Argand est d'avoir montré qu'à l'aplomb des massifs cristallins anciens, il arrive souvent à une nappe de *s'encapuchonner*, suivant leur heureuse expression, sous un repli d'une nappe plus ancienne, rejetée au sud, c'est-à-dire en arrière, par l'effet de la résistance de ces massifs. Ainsi s'expliquerait la *structure en éventail*, si fréquente dans les Alpes.

M. Termier a montré (3) que la structure en nappes empilées continuait dans toute la chaîne des Alpes orientales, et cette conclusion, vivement contestée au début par les géologues autrichiens, gagne chaque jour de nouvelles adhésions. Ainsi MM. Haug et Lugeon (4) ont reconnu quatre zones superposées dans les Alpes du Salzkammergut, les plus basses apparaissant à travers des déchirures ou *fenêtres* des dernières, et la plus

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXL, pp. 1364, 1491.
(2) Ibid., CXLII, pp. 527, 666, 809.
(3) Ibid., CXXXIX, pp. 578, 617, 648, 687, 754.
(4) Ibid., CXXXIX, p. 892.

récente étant celle du Dachstein, en grands plateaux déchiquetés. La même interprétation est en passe d'être universellement admise pour les Carpathes, ainsi que le proposait, il y a trois ans, M. Lugeon.

La tectonique de la Provence et des Pyrénées. — L'extension de la théorie des charriages aux régions autres que les Alpes sollicite en ce moment l'attention de nombreux géologues. M. Marcel Bertrand avait émis le premier, il y a plusieurs années, l'opinion que les couches triasiques, jurassiques et crétacées des environs de Marseille représentaient un massif sans racines, charrié par dessus les couches lignitifères de Fuveau.

Il semblait que la question dût être définitivement tranchée par l'exécution de la galerie à la mer, entreprise par la société des charbonnages des Bouches du Rhône, en vue de l'assèchement du bassin de Fuveau (1). Mais il se trouve que la coupe de cette galerie est interprétée comme un succès à la fois par les deux camps opposés. Ce qui est certain, c'est que la superposition des terrains anciens au crétacé supérieur n'a pas, à beaucoup près, l'ampleur qu'on avait supposée, et que la dislocation du massif semble réserver encore bien des surprises.

De même, s'il est démontré que la notion des charriages peut trouver au pied des Pyrénées d'heureuses applications, ce serait peut-être un excès de vouloir la faire intervenir pour expliquer les particularités de la région de l'Adour, surtout au voisinage des affleurements d'ophite. Même pour la partie centrale de la chaîne, il y a désaccord en ce moment, tant sur l'ampleur des chevauchements que sur le sens dans lequel ils se sont produits.

A. DE LAPPARENT.

SCIENCES TECHNIQUES

LE TUNNEL DU SIMPLON

Nous avons écrit, l'an dernier, pour cette REVUE (2), une monographie sur le tunnel du Simplon. Depuis, de nouveaux faits

(1) *Description de la galerie à la mer*, par M. Domage. Paris, 1905.
(2) Tome LVII, livraison de janvier 1905, pp. 188-242.

ont été signalés, de nouveaux projets ont vu le jour et reçu un commencement d'exécution. Nous consacrerons ce bulletin à cet ensemble de renseignements complémentaires. Nous les grouperons sous trois paragraphes, où nous examinerons successivement les résultats scientifiques du percement, les circonstances de la rencontre des galeries, la vérification des axes et la mesure de la base géodésique du Simplon, enfin, la mise en service du tunnel, notamment l'essai de traction électrique qui y est tenté.

Résultats scientifiques du percement. — Les résultats scientifiques dont il sera question ici intéressent à la fois la géologie, la thermique du sol et l'hydrologie souterraine.

Le système des deux galeries parallèles, distantes de 17 mètres d'axe en axe, adopté au Simplon, a permis de réunir un grand nombre de données fournies par des observations poursuivies pendant toute la durée du percement, et qui se rapportent aux quatre points suivants : *Relevés géologiques à la surface*, en vue de l'établissement d'une carte géologique détaillée, à l'échelle de 1 : 25 000, de la zone avoisinant le tunnel ; *Relevés géologiques dans les galeries d'avancement*, avec prélèvement d'échantillons tous les 10 mètres et à chaque changement de terrain : cette collection comprend environ 2 500 numéros ; *Observations hydrologiques sur les venues d'eau*, leur débit, leur température, leur composition chimique et leurs relations avec la nature géologique des terrains traversés ; *Observations de la température des roches*, dans le tunnel et le long du profil superficiel, en vue de la détermination d'un profil thermique exact. En outre, des observations continues, effectuées en un nombre restreint de points — tous les kilomètres — ont permis de se rendre compte des modifications qu'a subies la chaleur souterraine depuis le percement du tunnel, et des fluctuations dues à la ventilation et à la réfrigération.

Depuis l'achèvement de l'ouvrage, la Commission géodésique suisse a complété l'ensemble des travaux qu'elle avait entrepris à l'occasion du percement du Simplon, par la vérification des axes et par la mesure directe de la distance, supérieure à 20 kilomètres, qui sépare les observatoires de Brigue et d'Iselle, établis pour le contrôle de l'alignement du tunnel, et conservés pour les travaux astronomiques complémentaires. Nous en parlerons dans le second paragraphe.

Géologie. D'après M. H. Schardt, membre de la Commission géologique du Simplon, les couches du massif traversé se

ramènent, eu égard à leur nature, à l'un des quatre groupes suivants (fig. 1) :

1° *Formation de schistes lustrés — jurassique — triasique :* Schistes argileux gris, schistes calcaires, calcaires grenus, schistes gris noduleux, micaschistes, grenatifères, schistes verts.

2° *Formation triasique :* Dolomite blanche, calcaire dolomitique gris, marbres grenus cristallins, schistes gris ou verdâtres, quartzite, arkose passant au gneiss.

3° *Schistes cristallins :* Micaschistes souvent grenatifères, schistes amphiboliques, amphibolites, schistes chloriteux, con-

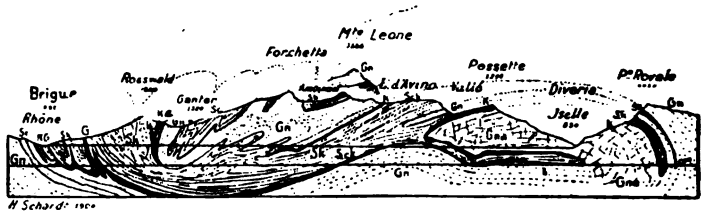


FIG. 1. — Profil géologique du massif du Simplon, par H. Schardt (1904).

Légende : Sk, schistes lustrés; *Sck* et *Sc*. schistes cristallins-lustrés métaphoriques; *KG*, marbre, dolomite et gypse (Trias); *Gn*, Gneiss du Monte-Leone; *Gna*, Gneiss d'Antigorio.

sidérés comme paléozoïques, en partie probablement triasiques ou jurassiques métamorphiques.

4° *Gneiss archéique ou gneiss primitif :* Gneiss d'Antigorio, gneiss schisteux du Monte-Leone, facies schisteux du gneiss massif souvent granitoïde d'Antigorio.

Dans notre étude antérieure nous avons esquissé l'historique de la structure du massif du Simplon et nous avons insisté sur la contribution importante apportée par le percement à la connaissance de ce massif.

Comme renseignement nouveau, donnons ici le tableau comparatif de l'épaisseur prévue et de l'épaisseur réelle des couches traversées par le souterrain; il justifie, dans une certaine mesure, les récriminations dont les géologues ont été l'objet, lors de la demande de crédits supplémentaires par les entrepreneurs de l'ouvrage.

Terrains traversés par le tunnel	*prévisions en mètres*	*réalité en mètres*
1. Schistes lustrés, schistes calcaires, calcaires schisteux micassés . . .	5900	5175
2. Calcaire cristallin, marbre, dolomite, gypse, anhydrite	1350	1400
3. Micaschistes, schistes cristallins, gneiss schisteux, schistes amphiboliques	5200	6930
4. Gneiss du massif Monte-Leone . .	3450	1900
5. Gneiss d'Antigorio	3830	4325
	19 730	19 730

On le voit, le gneiss d'Antigorio a été rencontré sous une épaisseur plus grande que ne l'indiquaient les prévisions. Mais il s'est présenté une heureuse compensation dans l'absence du dôme des schistes calcaires inférieurs, avec leurs couches de dolomite, ou d'anhydrite. En outre, le gneiss du Monte-Leone n'a été rencontré que sur une épaisseur correspondant à un peu plus de la moitié seulement de celle que l'on avait prévue.

Il convient d'ajouter que les conclusions que dicteraient les données de ce tableau, n'ont, au point de vue des difficultés prévues et des difficultés vaincues, qu'une portée restreinte. L'inclinaison des stratifications, le mode de perforation, les venues d'eau, la température souterraine, l'évacuation des déblais étaient autant d'éléments d'où dépendait aussi le succès plus ou moins facile de l'entreprise, et où la part considérable de l'imprévu laissait un champ très vaste d'application à toutes les ressources des sciences techniques.

La thermique du sol. On connaît l'influence du relief superficiel sur la disposition des surfaces isogéothermiques souterraines : elles s'élèvent sous les montagnes, en s'écartant de plus en plus les unes des autres, et elles s'abaissent en se rapprochant sous les vallées. Tandis que le degré géothermique moyen est de 30 mètres, il s'élève à 70 mètres sous les sommets des montagnes, et tombe à 20 mètres sous les vallées. A mesure que la profondeur augmente, les surfaces isogéothermiques tendent à devenir parallèles.

Cette distribution résulte, notamment, des lois bien connues de la transmission de la chaleur appliquées en tenant compte de la disposition des assises et de la conductibilité spécifique

relative des roches qui les composent. Mais la conductibilité thermique n'est pas seule en cause.

L'expérience faite au Simplon a montré l'influence considérable de la circulation des eaux souterraines sur l'allure des isogéothermes. On s'en convaincra en consultant la figure 2. Dès le kilomètre 5 de l'attaque nord, à gauche de la figure, l'absence des venues d'eau provoque le relèvement des courbes thermiques.

Au contraire, sur le parcours des grandes sources d'eau froide du côté sud, à droite de la figure, dans le voisinage du kilomètre 4,4, les courbes isogéothermiques s'abaissent brusquement, alors qu'elles auraient dû normalement passer sans déviation sous la dépression superficielle du Vallé, comme cela s'est présenté pour la dépression plus profonde de la Ganter sous Bérisal (kil. 4,5 du côté nord).

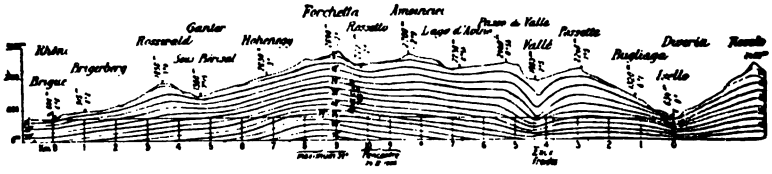


FIG. 2. — Profil géothermique provisoire du tunnel du Simplon.

L'allure des courbes permet aussi d'apprécier dans quelle mesure l'influence des dépressions de la surface s'efface avec la profondeur, surtout quand les sillons sont entaillés dans un flanc de montagne comme pour la vallée de la Ganter.

La distribution de la chaleur à l'intérieur des montagnes ne dépend donc pas exclusivement de l'épaisseur des roches qui séparent un niveau donné de la surface ; elle dépend aussi du relief du sol, de la disposition des couches et de la circulation des eaux qu'elles recèlent dans leurs flancs.

VENUES D'EAU. La figure 3 résume les observations relatives aux venues d'eau. L'attaque partie du nord a rencontré 142 sources jusqu'au kilomètre 10,379 ; celle du sud n'en a rencontré que 95 jusqu'au point de rencontre. En revanche, c'est de ce côté que se sont produites les venues d'eau les plus volumineuses, et en relation directe avec les cours d'eau de la surface.

Les sources à grand débit s'échappaient presque toujours de failles et provenaient de terrains solubles, des calcaires surtout.

Au contraire, les venues à faible débit se sont montrées au

contact de deux terrains de perméabilité différente ; elles furent les plus nombreuses. La circulation des eaux souterraines, dans les grandes profondeurs, paraît donc étroitement liée à l'état de fissuration des roches ; on devait s'y attendre.

Au cours du percement, on a observé la variation du débit des sources rencontrées. Beaucoup de celles qui possédaient, au début, un volume considérable se sont réduites plus tard presque à de simples suintements. D'autres, tout en se réduisant aussi dans de notables proportions, ont atteint, au bout d'un certain temps, un débit constant. Presque toutes les sources de grand volume au début, et jaillissant sous forte pression, se sont beaucoup réduites dans l'espace de quelques mois, et même

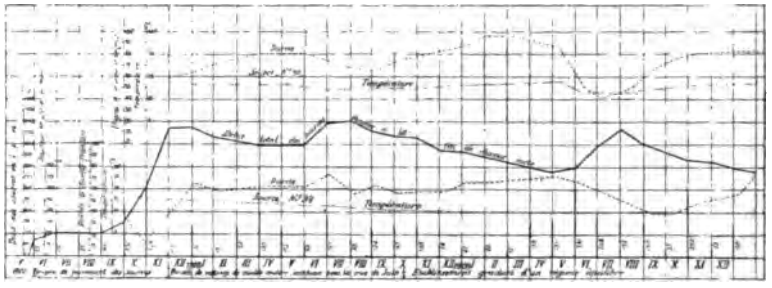


FIG. 3. — Diagramme des variations du débit total des sources froides d'Iselle entre les km. 3,860 et 4,421 comparées à la quantité de pluie, à la température et à la dureté des eaux.

pour plusieurs la température a diminué ainsi que la teneur en matières minérales.

Voici comment M. le professeur H. Schardt explique ces modifications. Les fissures par lesquelles l'eau pénètre dans le tunnel étaient, à l'origine, remplies presqu'au niveau, en général inconnu, d'une source superficielle. Dans les régions profondes, cette eau quasi stagnante pouvait s'échauffer et se saturer de matières minérales, sans que la source superficielle fût pour cela thermale ou minérale : malgré sa température plus élevée, en effet, cette eau suffisamment minéralisée, et par suite plus dense, pouvait rester au fond des crevasses.

Mais dès que s'ouvrit pour elles une issue, sur le passage du tunnel, à 1000 ou 1500 mètres en contre-bas de leur point d'écoulement superficiel, la vidange de ces cavités dut se produire, et dans les conditions observées. D'autre part, le tarissement des sources superficielles dûment constaté est bien l'indice de

l'abaissement du niveau piézométrique de la nappe souterraine et on comprend que la pression et le débit des irruptions dans le tunnel aient du même coup diminué graduellement. En outre, cette eau, qui, pendant sa stagnation, s'était saturée de matières minérales, et échauffée à loisir, s'écoulant maintenant rapidement à travers les voies souterraines, devait arriver dans le tunnel de moins en moins minéralisée et de moins en moins chaude. Enfin, cette période de transition aura finalement abouti à un régime stable quand l'équilibre se sera établi entre l'absorption des eaux à la surface, et leur écoulement dans le souterrain.

L'ensemble des observations faites sur les eaux jaillissantes au cours des travaux, a permis de distinguer trois grandes classes de sources : *Les sources chaudes*, fortement gypseuses et ferrugineuses, à température plus élevée que celle du rocher. Depuis leur rencontre, leur température s'est élevée ainsi que leur degré hydrotimétrique ; mais leur volume a diminué. *Les sources isothermes*, gypseuses souvent, toujours plus ou moins ferrugineuses. Leur température est voisine de celle du rocher, et leur débit, peu considérable, a beaucoup diminué depuis leur irruption. La teneur en gypse, très forte au début pour un certain nombre de ces sources, a diminué pour les unes et s'est maintenue pour d'autres. *Les sources froides*, gypseuses, peu ferrugineuses, de grand débit (15 à 20 fois celui des sources des groupes précédents). Elles comprennent deux catégories : *Les sources à température plus basse que celle du rocher*, dont la température et le volume varient peu, mais dont la dureté se modifie ; et *les sources à température initiale égale à celle du rocher*, dont le débit varie beaucoup au cours de l'année et dont les eaux se refroidissent au moment de la crue estivale, en diminuant de dureté.

Voici, d'après l'ensemble des observations, la quantité d'eau qui s'écoulait au cours des travaux et qui s'écoule maintenant par le tunnel. Du côté nord, le débit total a varié entre 60 et 80 litres par seconde. Du côté sud, le débit maximum a atteint 1204 litres par seconde avant les venues d'eau chaude. Après la rencontre de celles-ci, en septembre 1904, le débit maximum s'est accru de 328 litres par seconde. Actuellement, le débit total, y compris celui des sources d'eau chaude, est de 1220 litres par seconde ; il oscillera du côté sud, au cours des saisons, entre 900 et 1300 litres par seconde.

Rencontre des galeries. — Vérification des axes. Mesure d'une base géodésique de 20 kilomètres. — Le 24 février 1905, à 7h.20 du matin, les derniers coups de mine ouvraient la brèche et établissaient la communication entre les deux galeries issues des extrémités nord et sud du tunnel du Simplon.

La figure 4 donne le profil longitudinal des galeries de base, et montre la disposition relative des fronts d'attaque au moment de la rencontre. Du côté nord les portes de fer, maintenues jusqu'au 2 avril 1905, barraient le passage. Mais du côté sud on apercevait la brèche présentant une largeur d'environ 1m.50 sur 1 mètre de profondeur. Comme le plafond de la galerie d'avan-

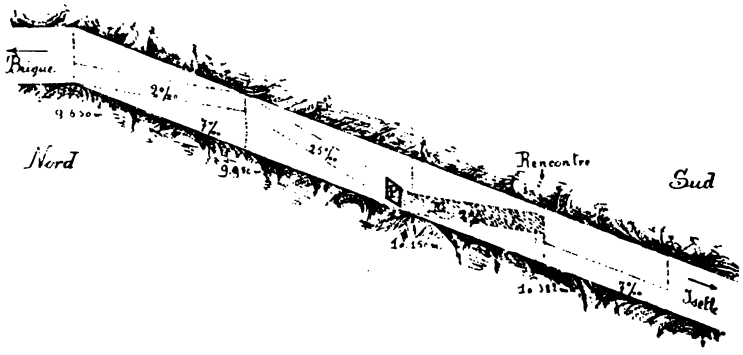


FIG. 4. — Profil longitudinal des galeries de base, et disposition des fronts d'attaque au moment de la rencontre. P = Portes de fer. E = Poche d'eau chaude.

cement sud était de 0m,60 au-dessous du plancher de celle du nord, la brèche se présentait de bas en haut.

Le jour du percement, MM. Brandau, de l'entreprise, et Pressel, ingénieur en chef, étaient entrés de grand matin dans le tunnel et s'étaient assurés que les mesures étaient prises pour permettre la vidange de la poche d'eau chaude. D'après les prévisions de M. Rosenmund, la rencontre n'était attendue que pour le soir. La dernière attaque était conduite par M. l'assistant chef mineur Betassa, le même qui, en 1898, avait foré à la main les premiers trous de mine de l'attaque sud.

Après la charge des douze trous de mine, les ouvriers et le personnel se retirèrent à six cents mètres en arrière. On achevait de compter les explosions, quand un torrent d'eau chaude se précipita par la brèche ouverte. Trois barrages avaient été con-

struits pour diriger ces eaux dans la galerie parallèle, où leur niveau monta rapidement de $0^m,80$. La température de l'eau au passage de la quarante-cinquième galerie transversale était de 41°,5.

En quinze minutes environ l'eau chaude accumulée du côté nord, et dont le volume était évalué à 1800 mètres cubes, s'écoulait ainsi par l'orifice sud du souterrain, et arrivait à la Diveria en 1h.47 : elle avait marché à la vitesse moyenne de $1^m,50$ à la seconde ; sur son passage, elle avait éteint le foyer d'une locomobile installée dans une galerie transversale, pour le service de la réfrigération à l'avancement où elle refoulait l'eau froide provenant des grandes sources du kilomètre 4,4.

Après la vidange de la poche d'eau, les ingénieurs de service pénétrèrent dans le tunnel et avancèrent jusqu'à la brèche. L'alignement des deux galeries leur parut exact ; mais ils ne purent se hisser jusqu'à la poche vide, où la chaleur était insupportable. La température de l'air, fortement chargé de vapeur d'eau, était de 41° ; c'est que la réfrigération par l'eau était arrêtée, et que l'air, refoulé par le ventilateur, s'échauffait par son passage au-dessus du canal d'écoulement des vennes d'eau chaude.

Aussitôt la nouvelle du percement connue à Iselle, un grand nombre de personnes se rendirent dans le tunnel : on voulait voir la brèche ! La plupart revinrent indisposées, et on eut même à déplorer la mort de M. Grassi et de M. l'ingénieur Bianco, quelques heures après leur sortie du tunnel. Quelle a pu être la cause de ces accidents ?

Faut-il les attribuer à l'acide carbonique dont la présence se manifesta, peu après la perforation finale, par l'extinction des lampes ? Sans doute, ce gaz n'est pas toxique, mais il est impropre à la respiration, et sa présence, au voisinage de la brèche, explique peut-être le malaise éprouvé par la plupart des personnes qui s'y sont rendues.

Faut-il incriminer la température élevée et l'humidité extrême de l'air ? Ceci paraît moins probable. Les ingénieurs et les contremaîtres affirment, en effet, qu'ils n'ont jamais ressenti de malaise aussi considérable même dans une atmosphère plus chaude et plus humide.

Quelques-uns ont pensé que l'oxyde de carbone, dont la toxicité est bien connue, était le grand coupable. On sait que ce gaz peut résulter de la réduction de l'acide carbonique par l'action de matières organiques en fermentation. Or dans la poche d'eau chaude de l'avancement nord, fermée neuf mois auparavant par

des portes de fer, il se trouvait assez de boisages pour fournir la matière organique en fermentation nécessaire, sur laquelle aurait réagi l'acide carbonique provenant de la décomposition de la roche calcique. Il est vrai que l'oxyde de carbone brûle avec une flamme bleue, et que cet indice de sa présence dans le tunnel n'a pas été observé. Mais il est permis de penser que ce gaz existait cependant, mêlé à l'air du souterrain, en proportion trop faible pour trahir sa présence par la combustion, mais en quantité suffisante pour produire une intoxication grave.

Après le percement, dès que la réfrigération et la ventilation, à raison de 35 m^3 d'air à la seconde, furent établies, la température maximum observée a été de 30°. Plus tard, après l'achèvement du revêtement en maçonnerie, la ventilation fut effectuée par refoulement du côté nord par le tunnel même, et du côté sud par la galerie parallèle ; l'air chassé ainsi des deux extrémités sortait par l'orifice sud du tunnel, et dans ces conditions, on parvint, malgré la présence des sources d'eau chaude, à abaisser la température maximum à 27°,5.

La jonction des galeries de base une fois établie, restait à élargir la galerie principale au profil définitif. Comme la galerie de base, du klm. 10,15 au klm. 10,382 (point de rencontre), n'avait qu'une pente de 2 °/oo, il a fallu dans cette section ramener le sol à la pente normale (7 °/oo) (voir fig. 4). L'excavation a été continuée en creusant une galerie de faîte et des cheminées, d'après la méthode anglaise utilisée au Simplon. On a procédé ensuite au revêtement en maçonnerie, qui a été terminé le 18 octobre 1905.

Le système des deux galeries parallèles, situées à 17 mètres d'axe à axe, a présenté des avantages incontestables, notamment au point de vue de l'aération et de l'écoulement des eaux. Mais son application n'a pas été sans présenter de sérieux inconvénients. Signalons le principal.

L'une des galeries seulement, celle que l'on est convenu d'appeler galerie principale, est achevée ; la seconde, de dimensions réduites, appelée galerie parallèle, est simplement pourvue d'un boisage dont on s'est efforcé d'accorder la solidité avec la nature des terrains.

Mais, au Simplon, la nature s'est plu à déjouer les prévisions les mieux établies, non seulement des savants, mais aussi des ingénieurs. Les pressions parfois énormes qui s'exercent dans les terrains ébranlés par les explosions brisantes, ont produit une déformation de cette galerie parallèle et une destruction partielle des boisages destinés à la protéger. En maint endroit,

on a constaté des soulèvements du sol et la destruction du canal d'écoulement des eaux. C'est ainsi que, du côté sud, on a été obligé de revêtir de maçonnerie cette galerie parallèle sur une très grande longueur (entre les klm. 6 et 9); sans cette précaution, la mise hors d'usage du canal d'écoulement eût bientôt empêché l'évacuation de l'eau chaude.

Il y a plus; ces déformations de la galerie parallèle entraînent avec elles des pressions anormales dans le massif de terrains qui sépare les deux galeries; de là des poussées inégales sur le revêtement en maçonnerie du tunnel achevé; elles ont eu pour effet d'y ouvrir des crevasses qui imposent la réfection du revêtement. Ce sont là des accidents que la mise au profil définitif simultané des deux galeries eût évités.

Ajoutons que le 20 février 1906, la voie ferrée était posée dans toute la longueur du tunnel et que l'on pouvait procéder à la réception provisoire des travaux.

Vérification des axes (1). La vérification de la rencontre des axes des galeries venant du nord et du sud a été faite, le 15 août 1905, par M. le professeur Rosenmund de l'École polytechnique de Zurich; elle a donné les résultats suivants :

Écart linéaire des extrémités des axes au point de rencontre	*Écart probable*	*Écart observé*
Horizontal	$0^m,050$	$0^m,202$
Vertical	$0^m,050$	$0^m,087$
Longueur	$0^m,560$	$0^m,790$

Les écarts probables ont été déterminés à l'aide des calculs de la triangulation. L'écart observé est celui qu'ont donné les mesures directes; il est donc entaché des erreurs d'observation.

Une première vérification de la longueur du souterrain a été faite soit avec des lattes de construction soignée, soit à l'aide d'une roue mesurant 3 mètres de circonférence.

Quant à la direction horizontale et au nivellement, l'eau chaude tombant du faîte de la galerie au klm. 9,4 à partir de l'entrée sud, a rendu les opérations de vérification très laborieuses. La buée qui emplissait l'atmosphère du tunnel rendait impossibles les visées à grande distance; celles-ci ne purent dépasser 180

(1) Voir *Résultats définitifs des opérations de tracé du tunnel du Simplon.* — Bulletin du Congrès international des chemins de fer, XX, n° 3, p. 14 et Bulletin technique de la Suisse romande, n° 19, 10 oct. 1905, p. 240.

mètres du côté nord et n'atteignirent que 65 mètres du côté sud. La multiplicité des visées et des stations qui en est résultée, explique, du moins en partie, la différence entre l'écart probable et l'écart observé renseignée dans le tableau précédent.

La base géodésique du Simplon. Nous avons dit déjà que la Commission géodésique suisse a déterminé récemment la distance qui sépare les observatoires de Brigue et d'Iselle, situés dans l'alignement du tunnel du Simplon. Cette distance est un peu supérieure à 20 kilomètres, ce qui fait de cette base mesurée la plus longue dont les géodésiens aient disposé jusqu'ici.

Mais ce n'est pas là ce qui fait l'intérêt principal de cette détermination. " La base du Simplon est la première dans laquelle une voie ferrée ait été directement utilisée pour le placement des appareils ; pour la première fois aussi, les travaux sont effectués entièrement à la lumière artificielle ; cette base est la première dont les extrémités soient situées sur les flancs opposés d'un puissant massif montagneux, et comprennent entre elles des déviations inverses de la verticale. Enfin pour la première fois aussi, sur une grande base, le travail est poursuivi sans arrêt, de manière à éviter les erreurs du repérage et de la reprise sur le terrain.

„ Le travail continu était, d'ailleurs, imposé par la durée extrêmement restreinte pendant laquelle, pour des raisons évidentes, le tunnel avait été mis, par l'Administration des chemins de fer fédéraux, à la disposition de la Commission géodésique suisse, qui a accompli l'effort sans précédent consistant à mesurer 40 kilomètres en cinq jours (1). „

Comment ce prodige a-t-il pu être réalisé ? On sait que la détermination d'une base géodésique utilise des procédés qui se ramènent essentiellement à deux types distincts, ayant un point de départ commun. La longueur à mesurer étant limitée par deux termes invariablement fixés au sol, on place, dans la verticale du premier, l'une des extrémités d'un étalon aligné dans la direction de la base, et qui en mesure la première portée. C'est à partir de cette opération que les deux méthodes commencent à diverger.

Dans la première, on aligne, à la suite du premier, des étalons placés à une petite distance l'un de l'autre, puis on détermine, par des procédés divers, leur écartement.

(1) Revue générale des Sciences, 17e année, n° 8, 30 avril 1906, p. 350.

Dans la seconde, qui s'est de plus en plus substituée à la première, on utilise un seul étalon, que l'on déplace de sa propre longueur devant un repère marquant successivement son extrémité antérieure et son extrémité postérieure.

Au cours du XIXe siècle, la mesure des bases, quelle que fût la méthode employée, a subi une double évolution. Dans les trois premiers quarts du siècle, on a cherché surtout à augmenter la précision des mesures, sans se préoccuper beaucoup du labeur qu'elles imposaient et des frais qu'elles entraînaient. On est arrivé ainsi à des résultats excellents, mais partout sur un nombre de bases très restreint : l'ensemble de la géodésie française, par exemple, repose sur trois bases seulement. Tous les autres points géodésiques ont été atteints par des triangles.

Dans le dernier quart du siècle, c'est à simplifier les méthodes de mesure que l'on s'est attaché, quitte à se relâcher un peu de la scrupuleuse exactitude des méthodes antérieures.

Mais un fait domine toutes ces fluctuations des procédés : c'est la préoccupation constante d'évaluer avec exactitude la température des étalons sur le terrain. La détermination de cette variable, dont dépend la longueur de l'instrument, a toujours été considérée par les géodésiens comme si difficile et si importante, que l'histoire des appareils de base se confond pratiquement avec celle des précautions prises pour éviter les erreurs de température.

De là l'invention, dès la fin du XVIIIe siècle, des deux systèmes d'étalons : les étalons monométalliques, accompagnés de thermomètres, et les étalons bimétalliques, dans lesquels la longueur de l'un d'eux, considéré comme étalon principal, est déduite de la différence des deux étalons, mesurée sur chacune des portées de la base.

Les étalons bimétalliques ont servi aux opérations les plus importantes de la géodésie européenne. Mais leur emploi, si l'on veut en tirer tout ce qu'ils peuvent donner, exige plus de cinquante hommes sur le terrain et ne permet pas plus de 100 portées, soit une avance de 400 mètres, par jour.

Dans ces dernières années(1), de longues et savantes études sur

(1) Voir : TRAVAUX ET MÉMOIRES DU BUREAU INTERNATIONAL, t. XII, 1901 : J.-R. Benoît et Ch.-Ed. Guillaume, *Nouveaux appareils pour la mesure des bases géodésiques.* — Ch.-Ed. Guillaume, *Les Applications des aciers au nickel*, Gauthier-Villars, 1904. — BULLETIN DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE, année 1906, 1er fascicule : Ch. Ed. Guillaume, *Les Mesures rapides des bases géodésiques.*

les étalons géodésiques, poursuivies par J.-R. Benoît et Ch.-Éd. Guillaume, et la découverte de l'acier-nickel à faible dilatation — alliage *invar* — ont mis aux mains des géodésiens une règle géodésique éminemment pratique et assurant une précision supérieure à celle des anciens procédés, tout en simplifiant beaucoup le matériel, en supprimant la moitié du personnel auxiliaire et en doublant la vitesse des opérations. En même temps, ces mêmes savants perfectionnaient d'autres méthodes déjà en usage, et couronnaient leurs recherches par la mise au point, dans tous ses détails pratiques, d'un procédé de mesure des bases par fils tendus, en métal *invar*, pouvant suffire à toutes les exigences de la géodésie supérieure, dans des conditions de simplicité relative telle qu'un personnel de dix à douze hommes exercés doit pouvoir atteindre, en bon terrain et par beau temps, une vitesse de 5 à 6 kilomètres par jour en y comprenant le repérage aux extrémités de la base et en un ou deux points intermédiaires.

C'est ce procédé qui a été employé au Simplon.

Le travail a été fait par trois équipes se relayant de huit heures en huit heures, sous le commandement de MM. R. Gautier, directeur de l'Observatoire de Genève, A. Riggenbach, professeur à l'Université de Bâle, et Rosenmund, membre de la Commission géodésique suisse. La direction générale des travaux avait été confiée à M. Ch.-Éd. Guillaume qui avait étudié les dispositifs spéciaux pour les mesures de nuit sur une voie ferrée.

Les équipes étaient composées d'ingénieurs et d'élèves ingénieurs de l'École polytechnique fédérale ; des ouvriers engagés sur place étaient chargés du transport du matériel. L'éducation spéciale de tout le personnel avait consisté en une mesure de quelques centaines de mètres, sur une voie ferrée à Zurich, et en une demi-journée et une nuit de travail, pour chaque équipe, à Viège.

Les étalons de mesure étaient des fils d'acier-nickel *invar*, dont la longueur — 24 mètres — déterminée au Bureau international des Poids et Mesures, avant et après la mesure du Simplon, s'est montrée remarquablement constante.

La traversée du Rhône, qui sépare l'Observatoire de Brigue de l'entrée nord du tunnel, a été effectuée à l'aide d'un fil de 72 mètres, qui s'est très bien comporté.

Malgré les difficultés résultant du travail à la lumière artificielle, l'opération entière — aller et retour — comprenant 15 repérages sur le terrain, a été effectuée en cinq jours d'un

travail continu, comprenant un seul arrêt de douze heures entre les mesures de l'aller et du retour.

Un calcul provisoire montra que l'écart des mesures à l'aller et au retour est inférieur à *3 millimètres !* Cette extraordinaire concordance est confirmée par ce fait que les six points intermédiaires, marqués par des repères fixés sur les traverses de la voie, ont été retrouvés tous, au retour, à quelques millimètres près des positions déterminées à l'aller.

Mise en service. Traction électrique (1). C'est aux installations hydrauliques qui ont servi à la construction du tunnel que l'on demandera la force motrice nécessaire au service du tunnel. On dispose, dans ces conditions, d'une puissance totale de 4000 chevaux environ. A chaque bout du souterrain, on doit consacrer 250 chevaux à la ventilation, et 100 chevaux à l'éclairage. Une réserve de 300 chevaux sera maintenue du côté nord seulement, pour parer aux nécessités de la réfrigération. Reste donc disponible une puissance d'environ 3000 chevaux.

Déjà les chemins de fer fédéraux ont introduit des demandes de concession pour l'augmentation de la puissance hydraulique. Du côté nord, une dérivation du Rhône entre Fiesch et Mörel fournira 5000 chevaux; du côté sud, l'utilisation de la Calrasca donnera 3000 chevaux.

La Société Brown, Boveri et Cie, de Baden, a été autorisée par la direction générale des chemins de fer fédéraux suisses à organiser sur la section de ligne de Brigue à Iselle, c'est-à-dire à l'intérieur du tunnel, à titre d'essai, l'exploitation par la traction électrique (Contrat du 19 décembre 1905).

Voici les dispositions principales du contrat :

Les installations nécessaires à la production et à la transmission de l'énergie électrique sont établies aux frais de la Société Brown, Boveri et Cie. La durée de l'essai est fixée à un an Il sera loisible aux chemins de fer fédéraux de résilier la convention si elle juge que la traction électrique est insuffisante pour assurer le service régulier du chemin de fer.

L'importance des installations électriques doit être telle que deux trains puissent se croiser à la station médiane du tunnel ou se suivre à distance de bloc, et que deux de ces trains puissent démarrer simultanément.

(1) Nous devons à l'obligeance de M. A. Zollinger, dr. h. c. Ingénieur en chef du Simplon, la communication des renseignements qui vont suivre.

Les trains de voyageurs de 300 tonnes (machine non comprise) circuleront à la vitesse de 68 kilomètres à l'heure, sauf sur la rampe d'Iselle à la station du tunnel (7 °/oo) où la vitesse sera réduite à 34 kilomètres à l'heure.

Les trains de marchandises de 400 tonnes (machine non comprise) seront remorquées à la vitesse uniforme de 34 kilomètres à l'heure sur tout le parcours.

Les nouvelles installations, dans les bâtiments des machines, seront établies de telle manière qu'au besoin l'état primitif puisse être rapidement rétabli.

Dans le tunnel, la canalisation électrique doit être disposée de telle façon qu'elle puisse être transformée facilement en canalisation pour courant monophasé. En outre, les câbles devront être posés de façon à pouvoir être rapidement enlevés et remontés par tronçons en cas de réparations à effectuer à la voûte du tunnel.

Les chemins de fer fédéraux participent aux frais de la traction électrique à raison de fr. 0,60 pour chaque train par kilomètre, en service utile ; la section Brigue-Iselle est estimée à 21,9 kilomètres.

On a adopté le courant triphasé à la tension de 3000 volts et à 15 périodes par seconde.

Deux locomotives de la ligne de la Valteline, construites par la société Brown, Boveri et Cie, ainsi que d'autres locomotives de réserve, ont servi aux essais d'usage avant l'ouverture de l'exploitation, le 1er juin 1906 (1). Ces essais ont montré que la question de la traction électrique au Simplon demandait une étude approfondie.

Ainsi, les locomotives n'ont pu traîner les 400 tonnes des trains de marchandises à la vitesse de 34 kilomètres sur la rampe de 7 °,oo à cause du patinage des roues, l'adhérence étant vraisemblablement insuffisante.

D'autre part, les trains de voyageurs qui devaient marcher avec 300 tonnes à 68 kilomètres n'ont pu atteindre cette vitesse. Même quelques-unes des locomotives employées à ces essais ont été mises hors service par suite d'avaries aux moteurs (2). On a tenté d'expliquer ces accidents de différentes façons. Ainsi,

(1) Pour la description de ces locomotives, voir *Locomotives électriques pour le tunnel du Simplon*, Le Génie civil, tome XLVIII, n° 19, p. 305.

(2) Voir *Simplon tunnel*, Electrotechnischer Anzeiger, le 14 juin 1906, n° 47, p. 601.

on a fait remarquer que le train occupant les deux tiers de la section du tunnel, qui est à voie simple, agit à la manière d'un piston et refoule l'air en le comprimant, d'où une résistance supplémentaire à vaincre. On a signalé aussi l'influence de l'atmosphère chaude et humide sur les isolants qu'elle ramollit et recouvre d'une buée plus ou moins conductrice, ouvrant la voie aux courts-circuits, etc.

Quoi qu'il en soit des difficultés rencontrées, la traction électrique est utilisée pour les trains de marchandises et les trains omnibus depuis le 15 juin. Seuls les trains express sont remorqués provisoirement par des locomotives à vapeur.

Il est permis d'espérer que l'expérience habilement conduite ne tardera pas à vaincre les derniers obstacles, et nous serons l'interprète de tous ceux qui s'intéressent au développement de l'électrotechnique en souhaitant à la société Brown, Boveri et Cie un définitif et brillant succès. Ce sera la récompense bien méritée de sa généreuse et hardie entreprise.

Une dernière question qui intéresse le Simplon est celle de ses voies d'accès. A ce que nous en avons dit dans notre premier article, nous ajouterons ce renseignement :

Le grand Conseil de Berne a adopté, le 27 juin 1906, le projet de percement des Alpes bernoises pour la construction de la ligne du Loetschberg, entre Frütigen et Brigue, d'une longueur de 58 kilomètres avec rampe maximum de 27 ‰ et à traction électrique. Le devis est estimé à 88 millions. De la sorte, Berne et Bâle seront reliés directement au Simplon.

G. DE FOOZ.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

INTERNATIONAL CATALOGUE OF SCIENTIFIC LITERATURE, published for the international Council by the Royal Society of London. Série annuelle de volumes in-8°. — Paris, Gauthier-Villars.

Nous avons annoncé la *première année* de ce Répertoire (REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. LVII, janvier 1905, p. 691). La *seconde année*, formant, comme la précédente, 17 volumes, a paru. La *troisième* est en cours de publication. Nous avons reçu les volumes relatifs à la *Physique*, à la *Minéralogie*, à la *Géologie*, à la *Paléontologie* et à la *Physiologie*.

FESTSCHRIFT ADOLPH WÜLLNER GEWIDMET. Un volume grand in-8° de 264 pages. — Leipzig, B.-G. Teubner, 1905.

Recueil de mémoires scientifiques dédié à l'éminent physicien, à l'occasion de son soixante-dixième anniversaire, par ses collègues anciens ou actuels à l'Institut technique supérieur d'Aix-la-Chapelle. En voici le contenu :

Borchers, W., Considérations sur la simplification de l'extraction du cuivre.

Bredt, J., Étude sur la configuration dans l'espace du camphre et de quelques-uns de ses principaux dérivés.

Hayenbach, A., Sur les spectres de bandes.

Heffter, L., Sur l'ordonnance et la construction de la géométrie.

Hertwig, A., Relations entre la symétrie et les déterminants dans quelques données de la théorie des treillis.

Hinrichsen, W. et Watanabe, F., Sur la séparation de l'argent du sulfure en présence du mercure.

Koch, K. R., Une méthode optique pour la mesure directe des oscillations d'entraînement dans les observations du pendule.

Mangoldt, H. V., Sur une lacune de la théorie des électrons.

Schremann, R., Développement en série de puissances et méthode des moindres carrés.

Schur, F., Sur la composition des vitesses.

Sommerfeld, A., Figures de Lissajous et effets de résonance dans les oscillations de ressorts hélicoïdaux.

Wien, M., Une objection à la théorie de l'audition par résonance d'après Helmholtz.

Wien, W., Sur l'énergie des rayons cathodiques comparée à celle des rayons Röntgen et secondaires.

Winkelmann, A., Sur la diffusion de l'hydrogène naissant dans le fer.

Wüst, F., Contribution à l'étude des alliages carbonés du fer à forte teneur de carbone. V. S.

L. Couturat. — LES PRINCIPES DES MATHÉMATIQUES. Un vol. de la *Bibliothèque de Philosophie contemporaine*. — Paris, Alcan.

Cet ouvrage, inspiré en grande partie des *Principles of mathematics*, de M. RUSSEL, est " une sorte d'enquête sur l'état présent de la philosophie des mathématiques „. Il analyse ou résume les nombreux travaux publiés depuis une douzaine d'années sur les fondements logiques des mathématiques, mais spécialement ceux qui ont été effectués par M. Peano et ses disciples au moyen de la *Logistique* (logique algorithmique). Il aboutit à cette con-

clusion, que les mathématiques sont entièrement et uniquement fondées sur les principes et les notions premières de la logique. Cette thèse est opposée à l'épistémologie kantienne *(Appendice sur la Philosophie des mathématiques de Kant)*; elle a donné lieu à de nombreuses discussions.

C. Guichard. — Sur les Systèmes triplement indéterminés et sur les Systèmes triple-orthogonaux. Un vol. petit in-8° de 95 pages (Collection *Scientia*). — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

La collection *Scientia* se compose, comme on sait, d'une série de monographies, consacrées à de nouvelles acquisitions de la Science jouissant, dans une certaine mesure, d'une autonomie propre. C'est ainsi qu'à son tour M. C. Guichard, dont on connaît les belles contributions à la théorie des surfaces, a été appelé à résumer ses récentes recherches sur les systèmes triplement indéterminés, dont l'importance tient surtout à la formation, qui s'en déduit, de nouveaux systèmes triple-orthogonaux. L'auteur retrouve notamment, à titre de cas particulier, les systèmes très intéressants de Ribaucour (et non de Ribeaucour, comme une inadvertance a fait imprimer ce nom chaque fois qu'il revient en cet opuscule) qui apparaissent ainsi sous un nouveau point de vue. M. O.

Ch. Fassbinder. — Théorie et Pratique des approximations numériques. Un vol. in-8° de 91 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Sommaire. Ch. I : Définitions fondamentales : erreur absolue, erreur relative, nombre de chiffres exacts. — Ch. II : Calculs approchés. Problèmes du premier type : Connaissant les approximations de certains nombres, trouver l'approximation du résultat d'un calcul à effectuer sur ces nombres. — Ch. III : Calculs approchés. Problèmes du second type : Étant donnés des nombres exacts ou susceptibles d'être calculés avec autant de décimales que l'on veut, trouver avec une approximation donnée à l'avance le résultat d'un calcul effectué sur ces nombres. — Ch. IV : Notions sur les opérations abrégées. — Ch. V : Application de l'algèbre à la théorie des erreurs. Ce chapitre suppose connus le calcul des dérivées et le théorème des accroissements finis. — Nombreux exercices.

A. Arnaudeau. — Tables des intérêts composés, annuités et amortissements pour des taux variant de dixièmes en dixièmes

et des époques variant de 100 à 400, suivant les taux. Un vol. in-8° de XI-[15]-125 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Ces nouvelles tables d'intérêts composés fournissent, pour 65 taux d'intérêt différents, les données suivantes : la valeur de 1 franc placé à intérêts composés après un certain nombre d'années ou de mois ; la valeur actuelle de 1 franc payable après un certain nombre d'années ; la valeur actuelle d'un certain nombre d'annuités de 1 franc payables à la fin de chaque année ; l'annuité par laquelle on peut amortir un capital de 1 franc au bout d'un certain nombre d'années. Ces tables sont donc de nature à rendre les mêmes services que les tables existantes ; mais elles présentent une particularité importante. Au lieu de conserver la graduation traditionnelle des taux d'intérêt par $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ ou $\frac{1}{16}$ pour 100 (suivant le caractère plus ou moins usuel des taux considérés), l'auteur a adopté un intervalle uniforme de $\frac{1}{10}$ pour 100 pour toute l'échelle des taux. Le taux le plus bas des tables étant 0,5 pour 100, les suivants sont 0,6, 0,7 et ainsi de suite, sans aucune lacune, jusqu'au taux le plus élevé, 6,4 pour 100. Il résulte de cette uniformité dans les intervalles que l'interpolation se trouve facilitée et qu'on peut appliquer à cet effet la formule de Newton, en utilisant un ordre de différences en rapport avec l'approximation que l'on désire obtenir.

P. Duhem. — I. Un Ouvrage perdu cité par Jordanus de Nemore : le *Philotechnes*. Extrait de la Bibliotheca Mathematica, livraison du 21 janvier 1905, pp. 321-325. — Leipzig, B.-G. Teubner.

II. De l'accélération produite par une force constante. Notes pour servir à l'histoire de la dynamique. Extrait des *Comptes rendus* du IIe Congrès international de Philosophie, pp. 859-915, 7 figures. — Genève, H. Kündig.

III. Le principe de Pascal. Essai historique. Extrait de la Revue générale des Sciences, livraison du 15 juillet. Brochure in-8° de 44 pages, 4 figures. — Paris, A. Colin, 1905.

I. Il existait vraisemblablement au XIIIe siècle un traité de Géométrie, sans doute de Géométrie pratique, intitulé *Philotechnes* (l'Ami de l'art), dont Jordanus paraît revendiquer la paternité. On peut espérer qu'il n'est pas perdu et qu'il est représenté par quelqu'une des nombreuses *Practica Geometriæ* dont on possède le texte manuscrit. Deux renvois insérés par Jordanus en son traité de Statique faciliteront une identification précise de cet écrit.

II. *Sommaire :* I. Les diverses explications de la chute accélérée des graves données en l'antiquité et au moyen âge. — II. L'origine de la notion d'*impetus*. — III. L'accélération et la dynamique de Léonard de Vinci. — IV. Les théories dynamiques de Nicolo Tartaglia. — V. Jérôme Cardan, Gaspard Contarini, Benedictus Pererius. — VI. L'accélération résulte d'une accumulation d'*impetus* produits par une force continue : Alexandre Piccolomini, Jules-César Scaliger, J.-B. Benedetti. — VII. Les premières recherches de Galilée. — VIII. Les recherches ultérieures de Galilée. — IX. Descartes et Beeckmann montrent qu'une force constante produit un mouvement uniformément accéléré. — X. L'œuvre de Pierre Gassendi. — *Conclusion :* au moment où la pensée de Gassendi rejoint celle de Descartes et de Beeckmann, le moment est venu où cette loi : *Une force constante produit un mouvement uniformément accéléré*, va être universellement acceptée : la Dynamique nouvelle est née.

Sa naissance a été le résultat d'une évolution lente, très complexe ; les quelques idées justes qui la composent se sont dégagées très péniblement des notions fausses avec lesquelles elles étaient confondues ; bien souvent, après être apparues un moment, elles se sont voilées de nouveau pendant une longue durée ; presque toujours, il est impossible de fixer avec précision l'instant où chacune d'elles s'est manifestée pour la première fois ; presque toujours, il est vain de vouloir nommer celui qui en fut le véritable inventeur. Il n'est guère de doctrine importante en Mécanique qui ne prête aux mêmes remarques.

III. *Sommaire :* I. Quelques extraits du *Traité de l'équilibre des liqueurs*. — II-VII. Influence du P. Marin Mersenne, de Simon Stevin, de J.-B. Benedetti, de Galilée, de Descartes, de Torricelli. — VIII. Quel fut l'objet de Pascal en composant le *Traité de l'équilibre des liqueurs :* " Toutes les vérités qui doivent constituer l'Hydrostatique ont été découvertes ; mais elles gisent pêle-mêle et sans rapport entre elles, attendant celui qui les ordonnera, qui les reliera les unes aux autres, qui, de ces matériaux épars, construira une doctrine logique et harmonieuse. Pascal fut cet organisateur. „

O ECLIPSE TOTAL DO SOL. Observaçôes feitas pelas commissôes das Academias scientificas dos Collégios de S. Fiel e Campolide. Une brochure grand in-8° de 49 pages. — Lisboa, Papelaria La Bécarre, 1905.

OBSERVACIONES DEL ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 30 DE AGOSTO DE 1905. Hechas por los Padres de la Compañia de Jesus en el Colegio de Oña. Une brochure grand in-8° de 48 pages. — Oña, 1906.

Résultats des observations faites par les missions portugaises des collèges de la Compagnie de Jésus d'une part, et par les professeurs du collège d'Oña d'autre part, le 30 août 1905. Combinés avec les documents obtenus dans d'autres stations et dont la publication se continue encore, ils fourniront sans doute aux nombreux problèmes de la physique solaire qui attendaient un progrès de la récente éclipse, des éléments de solution dignes du soin consciencieux mis à les préparer et à les publier. V. S.

Jacques Guillaume. — NOTIONS D'ÉLECTRICITÉ, son utilisation dans l'industrie d'après les cours faits à la Fédération nationale des chauffeurs, conducteurs, mécaniciens, automobilistes de toutes industries. Un vol. in-8° de IX-351 pages, avec 154 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars.

Ouvrage d'ordre pratique. Quelques lois générales, très simplement exposées, servent de base théorique. En maints endroits, les développements donnent plus que ne promet le titre, et seront bien accueillis des industriels qui ont à discuter des devis de constructeurs électriciens, ou sont amenés à s'occuper d'exécuter ou d'exploiter des installations de force ou de lumière.

G. de Metz. — LA DOUBLE RÉFRACTION ACCIDENTELLE DANS LES LIQUIDES. Un volume in-8° de 99 pages, n° 26 de la collection *Scientia*. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Essai de coordination logique des divers cas étudiés expérimentalement depuis un demi-siècle, mais non encore reliés dans une théorie commune. L'auteur a lui-même exécuté un très grand nombre des mesures qui servent de base à ce difficile travail, et il espère que leur multiplication permettra d'arriver à pénétrer mieux la constitution des colloïdes en particulier et des liquides en général. V. S.

Régis Frilley. — LES PROCÉDÉS DE COMMANDE A DISTANCE AU MOYEN DE L'ÉLECTRICITÉ. Un vol. in-16 des *Actualités scientifiques* ; 190 pages, 94 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

L'emploi d'appareils électriques de commande à distance commence à se généraliser pour la manœuvre des signaux dans les chemins de fer, pour le pointage des canons à bord des navires, pour le mouvement des tourelles, la commande de la

barre du gouvernail et des projecteurs, dans l'organisation des appareils télémétriques, etc.

Sans entrer dans les détails de toutes ces applications, l'auteur étudie les procédés qu'elles mettent en œuvre. Ces procédés sont eux-mêmes extrêmement variés et, en dehors des appareils servant directement à la commande à distance des électromoteurs, basés presque uniquement sur l'emploi d'électro-aimants relais judicieusement agencés, ils utilisent sous forme très originale les principes les plus différents de l'électrotechnique : emploi des ponts de Wheatstone, de l'étincelle d'induction, des ondes hertziennes, etc.

L'auteur donne dans chaque cas un schéma des connexions électriques relatives au procédé étudié.

E. James. — Théorie et Pratique de l'Horlogerie à l'usage des horlogers et des Écoles d'Horlogerie. Un vol. in-16 des *Actualités scientifiques*, 228 pages, 126 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Exposé précis, et constamment appuyé sur des exemples pratiques, des connaissances de mécanique, de physique et de cosmographie directement applicables à l'horlogerie.

Ch. Moureu. — Notions fondamentales de Chimie organique, deuxième édition. Un vol. in 8° de 320 pages. — Paris, Gauthier Villars, 1906.

Exposé des principales théories actuelles de la Chimie organique, et étude sommaire et très générale des fonctions les plus importantes. Les étudiants des Facultés des sciences, surtout ceux du cours du certificat P. C. N., ceux de l'École de Pharmacie, les élèves de l'École Polytechnique et de l'École centrale trouveront dans cet ouvrage une base solide pour leurs études de Chimie organique. Voir un compte rendu de la première édition dans cette Revue, t. LIII, avril 1903, p. 620.

Sixième Congrès International de Zoologie. Berne, 1904. — Compte rendu des séances. Genève, 1905.

Ce volume de 733 pages, avec 33 planches et 51 figures dans le texte, renferme l'ensemble des travaux du Congrès de Berne. Son contenu est si varié, et si considérable le nombre des communications et des mémoires qu'il renferme, qu'on ne peut songer à en donner un résumé tant soit peu complet. Bornons-nous à un coup d'œil d'ensemble. Les mémoires sont écrits en

français, en anglais ou en allemand. Citons parmi les discours faits aux assemblées générales, ceux de M. Edmond Perrier, de Paris ; de M. Lang, de Zurich, sur un précurseur suisse de Darwin, Alexander Moritzi ; de M. Salensky, de St.-Pétersbourg, sur les dépouilles du Mammouth découvertes en 1901 à Beresowka ; de M. Osborn, de New-York, qui passe en revue dix ans de progrès de la Paléontologie des Mammifères aux États-Unis, et illustre son récit de 15 superbes planches en héliogravure, etc.

Parmi les communications faites en sections, nous citerons les suivantes : Sur la Stegomyia fasciata, par Gœldi, de Pará. L'Ours nain des Alpes grisonnes, par S. Bieler, de Lausanne. Clupéidés de la mer Caspienne, par Borodine, de St-Pétersbourg. Un nouveau genre de Syllidiens, par C. Gravier, de Paris. Observations biologiques sur les Fourmis, par A. Forel, de Chigny-sur-Morges. Variations des papillons, par Arnold Pictet, de Genève. Investigations zoogéographiques (avec 2 planches coloriées), par O. Kleinschmidt, de Volkmaritz, etc. L'ensemble donne une haute idée de l'importance de ce Congrès. L. Navas, S. J.

H. Stichel et **H. Riffarth.** — Das Tierreich. 22e livraison. *Lepidoptera. Heliconiidæ*, xv-290 pages avec 50 gravures. — Berlin. Friedländer und Sohn, octobre 1905.

Das Tierreich est l'œuvre collective d'un groupe nombreux de naturalistes distingués. Les vingt-trois livraisons qui ont paru contiennent, sur les branches les plus diverses de la zoologie, d'excellentes monographies ; nous signalons, en particulier, la 22e qui est consacrée aux *Heliconides*, famille de papillons à ailes supérieures allongées, à antennes grêles et à belles et vives couleurs.

Une bibliographie très riche et un tableau systématique des formes décrites ouvrent l'ouvrage. La bibliographie est indiquée dans chaque section et pour chaque forme. Les descriptions sont très complètes ; elles sont rédigées en allemand. Des clefs synoptiques conduisent avec sûreté à la détermination et les indications les plus précises de la localité ou patrie suivent toujours les descriptions.

Pour plusieurs espèces, on décrit un bon nombre de formes. On suit la nomenclature trinomiale lorsqu'il y a lieu, en commençant par des minuscules tous les noms techniques de catégorie inférieure à celle des genres. Ainsi on écrit : *Heliconius cyrbia venus*, *H. cyrbia juno*, au lieu de : *Heliconius cyrbia Venus*, *H. Cyrbia Juno*, etc. La tautologie *Heliconius cyrbia*

cyrbia, par exemple, *Heliconius gradatus gradatus*, etc., voulue par plusieurs auteurs modernes, nous plaît peu. L. NAVAS, S. J.

H. Schouteden. — *État indépendant du Congo.* ANNALES DU MUSÉE DU CONGO. *Faune entomologique de l'Afrique tropicale.* Tome I. Fascicule II. Rhynchota aethiopica. II. Arminae et Tessaratominae. 277 pages avec tables et 3 planches en couleur. — Bruxelles, juin 1905.

L'auteur étudie avec sa compétence bien connue une partie de la faune hémiptérologique de l'Afrique tropicale. Il a eu le soin de donner la clé dichotomique des espèces pour chaque genre qu'il comprend dans son mémoire. De chaque espèce il présente une description latine très complète ; il y ajoute, le plus souvent en français, les renseignements complémentaires. La synonymie accompagne toujours les différentes sections.

De nombreuses figures très utiles et très soignées, intercalées dans le texte, et trois planches lithographiées hors texte, font de cette publication une des plus riches que nous connaissions. L. N.

Dr Alph. Dubois. — *État indépendant du Congo.* ANNALES DU MUSÉE DU CONGO. *Zoologie.* Série IV. Remarques sur l'Ornithologie de l'État indépendant du Congo, suivies d'une liste des espèces recueillies jusqu'ici dans cet État. Tome I. Fascicule I, III-36 pages avec 12 planches en photochromie. — Bruxelles, novembre 1905.

Fascicule initial des études ornithologiques sur la belle et riche faune congolaise. L'auteur y présente la description, la synonymie et l'habitat d'un grand nombre d'espèces, dont plusieurs nouvelles, par exemple *Barbatula rubigularis* Dub., *Francolinus Nahani*, etc., et d'autres récemment décrites. Dans le genre *Turacus*, il donne la clé analytique de toutes les espèces et variétés connues (25 en tout), en supposant vraisemblable qu'on en trouvera d'autres au Congo que les huit observées jusqu'à présent.

Le mémoire se termine par une liste de 483 oiseaux congolais ; c'est peu, sans doute, comparé à la réalité, mais c'est beaucoup si l'on tient compte que l'auteur s'est borné, en dressant ce catalogue, aux espèces conservées au Musée de l'État indépendant, à Tervueren, au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, et à celles qui lui ont passé par les mains et de provenance certaine.

Les douze planches en photochromie sont superbes. Elles

représentent 16 espèces, dont quelques-unes en grandeur naturelle, avec leurs couleurs propres et dans un cadre vraiment artistique. Nous félicitons l'auteur de ce mémoire et les artistes qui l'ont aidé à réaliser cette œuvre de science et d'art. L. N.

É. De Wildeman. — *État indépendant du Congo.* ANNALES DU MUSÉE DU CONGO. *Études de Systématique et de Géographie botaniques sur la Flore du bas et du moyen Congo.* Vol. I. Fasc. III (pages I-III et 233-346; planches XLIV-LXXIII). — Bruxelles, mars 1906.

C'est le dernier fascicule du premier volume de la série V consacrée à la Botanique. Publication superbe, qui fait le plus grand honneur à l'État qui la soutient, et à notre savant collaborateur, M. É. De Wildeman.

Il énumère les plantes de l'herbier du Congo qui se trouvent au Jardin botanique de l'État, à Bruxelles, et décrit de nombreuses espèces, voire des genres nouveaux. La description est sobre, mais précise, suffisante et faite de main de maître.

Dans son Introduction, M. De Wildeman s'abstient de porter un jugement définitif sur la valeur des espèces qu'il mentionne. Faute d'exemplaires et de formes de transition, il a préféré, et nous sommes pleinement de son avis, délimiter les formes actuelles comme espèces distinctes, même au risque de devoir les réunir plus tard, que de synthétiser trop hâtivement. " S'il est, en effet, possible de ramener ultérieurement une espèce secondaire bien décrite à un type primaire définitivement établi, il devient fréquemment impossible de morceler, quand le besoin s'en fait sentir, une espèce synthétique constituée d'éléments disparates non spécifiés. "

Les 73 planches lithographiées qui accompagnent le texte, représentent quelques-unes des espèces nouvelles décrites. Leur exécution est parfaite; les organes principaux : feuilles, fleurs, fruits, graines, ovaires, etc., sont admirablement figurés. L. N.

Nathan Banks. — *A Revision of the neartic Hemerobiidæ,* TRANS. AM. ENT. SOC. Décembre 1905. In-8°, 30 pages avec 3 planches.

Ouvrage d'intérêt général, même pour les entomologistes d'Europe, car cinq au moins de nos espèces se trouvent aussi dans l'Amérique septentrionale. Il est basé surtout sur la collection de M. Banks, riche en Névroptères néartiques.

Après quelques renseignements généraux sur cette famille si

intéressante, l'auteur la divise en trois sous-familles, qu'il nomme *Dilarinæ*, *Sisyrinæ* et *Hemerobiinæ*, se servant de la terminaison *inæ*, que plusieurs entomologistes consacrent, en effet, aux sous-familles, d'autres la réservant aux tribus.

Dans cette division s'introduit une nouveauté : l'auteur fait rentrer les *Dilar* dans la famille des Hémérobides, dont ils avaient été séparés depuis longtemps par Hagen pour former une famille autonome, et avec raison, à notre avis. Le groupe des Dilar, quoique très restreint et analogue, dans son ensemble, aux Hémérobides, s'en écarte cependant beaucoup par la forme des antennes pectinées chez les mâles, la présence d'un long oviscapte chez les femelles, la structure des ailes, la forme du prothorax, etc. Si l'on veut partager les Dilarides, je trouverais très naturelle la division de la famille des Hémérobides en deux tribus, les *Sisyrines* et les *Hémérobines*.

Les Sisyrines sont distribués dans les genres *Polystœchotes*, *Lomamyia* (genre nouveau, avec désinence qu'il eût fallu éviter, étant donné qu'on l'emploie pour quelques genres de Diptères, en lui préférant *Lomamia)*, *Climacia* et *Sisyra*.

A son tour les Hémérobines sont partagés dans les six genres suivants : *Megalomus*, *Sympherobius* (nov. gen.), *Boriomyia* (nov. gen.), (*Boriomia* eût été préférable pour la raison donnée plus haut), *Hemerobius*, *Psectra* et *Micromus*, dont deux nouveaux à cause de la division du genre primitif Hemerobius de Linné en trois : Hemerobius, Sympherobius et Boriomyia. Tous trois peuvent s'étendre aux espèces européennes. Ainsi le genre Hemerobius s. str. comprend les espèces : *humuli*, *micans*, *atrifrons*, *nitidulus*, *stigma*, *limbatellus*, *lutescens*, *orotypus* ; le Boriomyia : *concinnus*, *4-fasciatus*, *subnebulosus*, *nervosus* ; le Sympherobius : *elegans*, *parvulus*, *inconspicuus*. Le genre Hemerobius reste le plus nombreux, comprenant treize espèces néartiques, dont deux aux moins, *humuli* et *marginatus*, sont fréquentes en Europe.

Je ne puis que souscrire à l'idée très sage, à mon avis, de conserver le nom d'Hémérobides, que quelques auteurs donnent aux Chrysopides, changeant ainsi une pratique consacrée par l'usage ; d'où la nécessité de rayer le nom générique *Chrysopa* et le nom de famille *Chrysopides*. En voulant pousser à l'excès la rigueur, on risque d'engendrer la confusion. Il vaut mieux, nous semble-t-il, conserver séparées aussi par le nom les deux familles des Hémérobides et des Chrysopides, conformément à l'usage le plus courant. L'auteur avait déjà fait la revision des

Chrysopides néartiques ; la revision des Hémérobides en est la suite la plus heureuse. L. N.

A. Da Cunha. — L'ANNÉE TECHNIQUE 1905. Un vol. in-8° de 232 pages, 106 figures ; préface de **A. Dastre.** — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

Ce volume nous offre le tableau des principales applications de la science au cours de l'année écoulée. C'est, dans le domaine des arts industriels les plus importants, une sorte de revue des progrès accomplis. Le premier chapitre est consacré aux nouveautés en construction et architecture : le nouveau pont suspendu de Williamsbourg, qui réunit New-York à Brooklyn à travers l'East-River ; les grands barrages de Barossa en Australie et d'Ithaca aux Etats-Unis ; les perfectionnements récemment adoptés pour permettre le transbordement des voyageurs ou le transport des charges ; la description de l'outillage employé à la construction du Métropolitain de Paris, etc. Les chapitres suivants sont consacrés à la technologie générale, aux moyens de transport et plus particulièrement aux chemins de fer.

Albert Granger. — LA CÉRAMIQUE INDUSTRIELLE. Chimie. Technologie. Un vol. de la *Bibliothèque technologique*, 644 pages, 179 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

L'auteur a réuni en ce volume toutes les données définissant l'état actuel de l'industrie de la Céramique. L'ouvrage s'ouvre par l'étude détaillée des matières premières et des généralités. Ce n'est qu'après avoir décrit les substances employées dans la composition des pâtes, glaçures et colorants, les méthodes à suivre pour constituer une pâte, les appareils servant à la façonner, les fours destinés à la cuire, que l'auteur aborde l'étude détaillée de la fabrication des terres cuites, produits réfractaires, faïences diverses, grès et porcelaines, en se bornant aux procédés suivis le plus généralement. Les travaux récents sur la composition des argiles, la dilatation des pâtes, les méthodes d'essai des matériaux, etc., sont cités et analysés, de sorte que le lecteur trouvera, en même temps que les détails de la pratique industrielle, le résumé des tentatives faites par les hommes de science pour améliorer les fabrications céramiques. Un soin tout particulier a été donné à la bibliographie. Un lexique en trois langues (anglais, allemand, français) donne la concordance de quelques termes techniques dont l'explication est difficile à trouver dans les dictionnaires.

X. Rocques. — Les Industries de la conservation des aliments. Préfaces par **P. Brouardel** et **A. Muntz.** Un vol. grand in-8° de 506 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Le but de l'auteur est de réunir les données que nous possédons actuellement sur la conservation des aliments, de rappeler les travaux scientifiques qui ont donné naissance et servent de bases aux industries correspondantes et d'exposer la pratique rationnelle de ces industries.

H. Astruc. — Le Vinaigre. Un vol. petit in-8° de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, 163 pages, 16 figures. — Paris, Gauthier-Villars.

Théorie technique de la fabrication du vinaigre : la matière première, la fabrication tant au point de vue chimique qu'au point de vue pratique, l'installation et l'aménagement des locaux, les différents appareils et procédés, leur conduite, le produit fabriqué, ses traitements, ses maladies, sa composition, ses essais, la recherche de ses adultérations, sont successivement passés en revue et minutieusement étudiés.

L. Grillet. — La Législation des accidents du travail. Un vol. petit in-8° de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, 200 pages. — Paris, Gauthier-Villars.

Ce *vade-mecum* sera très utile aux ingénieurs, chefs d'industrie, secrétaires de syndicats, assureurs, juges même qui y trouveront l'exposé clair de la législation française en matière d'accidents du travail, et de l'état actuel de la jurisprudence.

Dr C. M. E. Dubruel, Médecin-Major des troupes coloniales. Le Béribéri. Un vol. in-8° de 157 pages, avec figures dans le texte. — Paris, Baillière, 1905.

Ouvrage honoré d'une médaille d'or par la Faculté de Médecine de Bordeaux (Prix de Médecine coloniale et d'Études exotiques). L'auteur y rassemble les matériaux épars dans les ouvrages et les revues étrangères difficiles à consulter et, s'aidant de sa propre expérience, expose et discute les théories très nombreuses émises sur la nature du béribéri. Voici un résumé de la table des matières : Historique. Domaine géographique. Pathogénie. Anatomie pathologique. Causes prédisposantes. Symptomatologie. Formes cliniques. Diagnostic. Pronostic. Prophylaxie. Traitement. Observations. Conclusions. Une liste bibliographique comprenant 78 nos (ouvrages séparés, articles de Revue) termine cette excellente monographie.

James Forbes. — L'ÉGLISE CATHOLIQUE AU XIXe SIÈCLE (1800-1900), 2e édition. Un vol. in-16 de 287 pages. — Paris, Lethielleux.

Ce volume réunit quelques conférences données à Paris, à St-Philippe du Roule, à St-François-Xavier, etc. L'auteur y expose le développement de l'Église catholique au XIXe siècle.

Après un coup d'œil d'ensemble, il étudie tour à tour la marche de l'Église, au cours du siècle passé, en Allemagne, aux États-Unis, en Angleterre, en France. Tableaux hautement instructifs et bien faits pour relever les âmes que les tribulations de l'heure présente tendraient à abattre. Études documentées, pleines de chiffres éloquents, où se retrouve la manière toute positive, un peu britannique, de J. Forbes.

Les pages sur la France sont particulièrement intéressantes. L'auteur y met à nu la situation de son pays au point de vue religieux, et suggère les remèdes qu'elle lui paraît comporter.

F. Turmel. — HISTOIRE DE LA THÉOLOGIE POSITIVE, DU CONCILE DE TRENTE AU CONCILE DU VATICAN. Un vol. in-8° de XIV-440 p.— Paris, Beauchesne, 1906.

Ce volume fait suite à l'*Histoire de la Théologie positive jusqu'au Concile de Trente*, du même auteur ; il en a toutes les qualités de clarté, d'ordre et d'érudition. Le plan et la méthode sont restés identiques ; toutefois l'abondance des matières a fait remettre à plus tard l'étude des mystères, des sacrements et de la grâce : l'auteur se borne ici au mouvement théologique relatif au dogme de l'Église (règle de foi — Église — Papauté). Nous souhaitons vivement le prochain achèvement d'une œuvre éminemment utile et très méritante. E. H.

P. Vallet. — LES FONDEMENTS DE LA CONNAISSANCE ET DE LA CROYANCE, examen critique du Néo-Kantisme. Un vol. in-8° de XII-436 pages. — Paris, P. Lethielleux.

Exposé et discussion des " principaux problèmes philosophiques et théologiques à la double lumière de la raison et de la foi et au point de vue des besoins de la pensée contemporaine " (Préface, p. XII). Première partie : *Les fondements de la connaissance.* Le problème de la certitude. La connaissance sensible. La connaissance intellectuelle. L'absolu. La substance. La cause. Connaissance de l'univers. Connaissance de l'âme. Connaissance de Dieu. — Seconde partie : *Fondements de la croyance.* La Foi. Les dogmes. L'apologétique.

J.-B. Ferreres, S. J. — La Mort réelle et la Mort apparente et leurs rapports avec l'administration des sacrements... Traduction française sur la 3me édition espagnole par le **Rév. Dr J.-B. Genisse**, avec notes et appendices du même. Un vol. in-8° de 466-xvi pages. — Paris, G. Beauchesne, 1906.

L'opuscule du R. P. Ferreres s'adresse aux prêtres et aux médecins ; l'importance du sujet est manifeste et l'exposé en est excellent. Le Rév. Dr Genisse en a triplé les dimensions en ajoutant à sa traduction une *préface* (5-22), des *notes* et des *appendices* (159-466), sur l'incertitude des signes ordinaires de la mort, la persistance de la vie après le dernier soupir, la fréquence des inhumations précipitées et les moyens à employer pour échapper au danger d'être enterré vivant.

JOSEPH-MARIE DE TILLY

(1837-1906)

Le 4 août 1906, la Belgique a perdu l'un de ses plus nobles enfants, le lieutenant-général Joseph-Marie De Tilly, membre de l'Académie royale de Belgique et de la Société scientifique de Bruxelles, dont les écrits sur les principes de la géométrie et de la mécanique resteront, croyons-nous, dans le domaine de la philosophie scientifique, l'une des œuvres les plus remarquables du XIXe siècle.

Nous avons publié autrefois dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (2e série, t. VII, pp. 584-595), une *Notice sur les recherches de M. De Tilly en Métagéométrie*. Nous donnons plus bas le discours que nous avons prononcé, le 7 août dernier, aux funérailles de M. De Tilly et où nous avons reproduit, en les complétant, plusieurs de nos appréciations antérieures sur ses travaux.

Voici les dates principales de la carrière militaire de M. De Tilly. Né à Ypres, le 16 août 1837, il a été successivement élève (1853-1858), répétiteur (1864-1868), professeur (1868-1877) à l'École militaire ; directeur de l'arsenal de construction d'Anvers (1879-1889) ; et enfin commandant et directeur des études à l'École militaire (26 décembre 1889-26 décembre 1899). Il sut y faire régner l'ordre et la discipline d'une manière plus absolue qu'à aucune période antérieure et il y éleva le niveau des études scientifiques.

Le 26 décembre 1899, M. De Tilly fut nommé pré-

si dent du comité d'études de la position d'Anvers etain si éloigné de l'École militaire. Tout le monde regarda cette nomination comme une destitution déguisée ; et quand M. De Tilly eut été mis à la pension, avant l'âge, en 1900, cette mesure suscita, à la Chambre des Représentants, un long débat qui mit aux prises, comme on l'a dit, la science militaire et la bureaucratie militaire. L'ordre du jour, voté par la Chambre, donna raison à la science.

M. De Tilly avait gravi peu à peu tous les échelons de la hiérarchie militaire, depuis le grade de sous-lieutenant d'artillerie jusqu'à celui de lieutenant-général.

Il avait été nommé successivement chevalier, officier, commandeur, grand officier de l'ordre de Léopold (novembre 1899). Il était décoré de plusieurs ordres étrangers.

Nous faisons connaître plus bas les étapes principales de la vie scientifique de M. De Tilly. Il était membre depuis longtemps de la Société royale des Sciences de Liége, de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, dans les Recueils de laquelle il a publié un de ses principaux ouvrages, l'*Essai* de 1878.

Il faisait partie de la Commission de l'Observatoire et du Conseil d'administration de la Bibliothèque royale, etc., etc.

La santé de M. De Tilly avait été assez chancelante pendant les hivers de 1904-1905, 1905-1906, qu'il dut passer dans le Midi ; néanmoins il put présider les sessions de la Société scientifique de Bruxelles d'octobre 1904 à Mons, de mai 1905 et d'octobre 1905 à Bruxelles. Au printemps de 1906, il semblait avoir repris son ancienne vigueur, mais une affection cardiaque l'enleva à l'affection de sa famille et de ses amis, après quelques jours de maladie, le 4 août 1906. La veille, il avait reçu les derniers secours de la religion qu'il avait toujours pratiquée sans bravade et sans peur.

Ses funérailles eurent un caractère très simple : il avait refusé les honneurs militaires. Le service funèbre eut lieu

le mardi 7 août, à 11 heures, en l'église des SS. Jean et Nicolas à Schaerbeek et l'inhumation, immédiatement après, au cimetière de Laeken. M. le colonel Maffei et M. Salkin, professeur émérite à l'École militaire, l'un à la maison mortuaire, l'autre au cimetière, prononcèrent des allocutions émues où ils dirent, en termes d'une grande élévation, à quel point M. De Tilly fut, dans sa vie privée, l'ami fidèle et dévoué de ceux qui avaient mérité son affection, dans sa vie publique, l'homme du devoir absolu, sans faiblesse et sans compromission.

Voici le discours où, à la maison mortuaire aussi, nous avons essayé d'apprécier sa carrière scientifique.

MESSIEURS,

L'homme éminent dont nous pleurons la perte a fait partie de l'Académie royale de Belgique depuis 1870, de la Société scientifique de Bruxelles depuis 1876, du Conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen depuis 1891.

Au nom de ces corps savants, auxquels il était si dévoué, permettez-moi de lui adresser un dernier adieu et, comme collègue, comme ami, comme disciple, d'esquisser sa belle et féconde carrière scientifique.

Elle se divise en quatre périodes presque égales dont chacune est marquée par une œuvre d'une valeur scientifique et philosophique durable.

Joseph-Marie De Tilly, né à Ypres en 1837, entre à l'École militaire à seize ans, en 1853, pour en sortir comme sous-lieutenant d'artillerie en 1858; il fait partie de l'armée active jusqu'en 1864, époque où il est nommé répétiteur à l'École militaire ; il occupe ces fonctions jusqu'en 1868.

C'est pendant ces dix années d'une laborieuse jeunesse (1858-1868) que De Tilly pose les bases de ses travaux géométriques. Dès 1860, à vingt-trois ans, il publie ses

Recherches sur les Éléments de géométrie, où il signale toutes les imperfections et les lacunes du traité de Legendre. Dans ce premier écrit, il donne déjà des preuves d'un vrai esprit critique à propos des questions difficiles qui se présentent au début de la science de l'espace et, en particulier, à propos du postulatum d'Euclide.

Peu de temps après, il fait cette découverte capitale que l'on peut établir un système complet et rigoureux de géométrie sans recourir ni au postulatum d'Euclide, ni à aucun autre équivalent. Sans sortir de la géométrie plane, il retrouve par une voie personnelle, tous les résultats fondamentaux de Lobatchefsky et de Bolyai. Mais il va plus loin qu'eux ; le premier, il écrit une cinématique, une statique et une dynamique non euclidiennes. Ces recherches furent présentées à l'Académie royale de Belgique, le 1er août 1868, sous le titre d'*Études de Mécanique abstraite*.

La seconde période de la carrière scientifique de De Tilly s'étend de 1868 à 1878. C'est alors que son activité scientifique devient le plus intense. Pendant ces dix années, il publie plus de cinquante notes ou mémoires sur les sujets les plus variés de mathématiques pures ou appliquées. Il avait été nommé professeur à l'École militaire en 1868. La Classe des sciences de l'Académie royale l'avait appelé dans son sein comme correspondant en 1870. Dès 1872, elle le charge de faire le *Rapport séculaire sur les travaux de l'Académie*. Ce rapport, d'une lumineuse concision, est une belle page d'histoire scientifique; mais il n'est rien en regard de l'œuvre capitale de De Tilly pendant cette seconde période de sa vie, je veux dire son *Essai sur les principes fondamentaux de la Géométrie et de la Mécanique* (1878). Dans ce remarquable ouvrage, c'est directement que De Tilly attaque et expose d'une manière complète les principes de la science de l'espace. Reprenant à son insu une idée de Cauchy, dont on a d'ailleurs retrouvé le germe chez Leibniz, il fonde toute la géométrie sur la notion d'intervalle ou de distance de

deux points. Cette notion première irréductible, il l'analyse avec une sagacité et une rigueur magistrales, et il en fait sortir successivement la géométrie de Riemann, la géométrie de Lobatchefsky et enfin celle d'Euclide. Dans son livre, De Tilly soumet aussi à sa critique pénétrante les principes de la mécanique, mais en les considérant seulement dans l'espace euclidien.

La troisième période de la carrière de De Tilly est une période d'activité professionnelle et de recueillement scientifique. Déchargé en 1877 de ses fonctions de professeur à l'École militaire, il fut nommé en 1879 directeur de l'arsenal de construction militaire d'Anvers et occupa ce poste pendant dix ans. Malgré son écrasante besogne, il parvient à publier, entre autres travaux, une étude originale d'analyse sur les équations linéaires (1887). La Classe des sciences de l'Académie l'avait nommé membre effectif en 1878 ; il en fut élu Directeur et nommé Président de l'Académie entière pour l'année 1887. A la séance solennelle de décembre 1887, il prononça un discours extrêmement remarquable sur les *Notions de force, d'accélération et d'énergie*. C'est une refonte du dernier chapitre de l'essai de 1878, où se trouve, à côté d'une critique approfondie des principes de la mécanique, une vraie découverte philosophique : De Tilly y expose, en effet, une solution simple et naturelle du problème de la conciliation du déterminisme avec le libre arbitre ; simple et naturelle, bien entendu, pour ceux qui connaissent la mécanique rationnelle.

La quatrième période comprend exactement les dix années suivantes, du 26 décembre 1889 au 26 décembre 1899, pendant lesquelles De Tilly est Commandant et en même temps Directeur des études à l'École militaire. En 1891, il succède à Liagre comme membre du Conseil de perfectionnement moyen et y acquiert bientôt la plus légitime influence. En 1897 et 1899, il fait paraître deux éditions successives d'une brochure substantielle sur les

examens d'admission en mathématiques à l'École militaire : cet opuscule méthodologique contient des indications vraiment précieuses pour les professeurs de mathématiques qui s'intéressent au progrès de l'enseignement.

De Tilly a publié pendant cette période de sa vie un mémoire scientifique qui est le couronnement de son œuvre géométrique et où il s'est vraiment surpassé lui-même : je veux parler de son *Essai de Géométrie analytique générale* (1892). Il y montre que toute la géométrie se réduit en dernière analyse à une seule relation entre $n + 2$ points si l'espace est à n dimensions ; entre 5 points par conséquent, pour notre espace expérimental à trois dimensions. Cette relation n'est pas arbitraire, elle est soumise à une condition nécessaire et suffisante, dite *condition des six points*, qu'il détermine. Il faut lire dans le mémoire même, la plume à la main, comment l'auteur deduit de la relation fondamentale les trois géométries euclidienne, lobatchefskienne, riemannienne, sans recourir à aucune autre notion que celle de distance.

Après 1899, De Tilly a complété plusieurs de ses recherches sur la géométrie ou la mécanique, mais selon lui, sans y ajouter rien d'essentiel, sauf, ce nous semble, dans quelques pages sur le triangle isoscèle ; il y résout à fond une difficulté qui n'existe vraiment qu'en géométrie plane, et que les philosophes ont appelée, en géométrie solide, le paradoxe de Kant sur l'équivalence des objets symétriques.

Telle est l'œuvre scientifique et philosophique de De Tilly : il a étudié trois fois d'une manière originale et de plus en plus approfondie la question des premiers principes de la science de l'espace ; vingt-cinq ans avant les mathématiciens philosophes italiens, il a établi d'une manière solide cette vérité capitale : *la géométrie est la physique mathématique des distances ;* — le premier, presque le seul, il a créé la mécanique non euclidienne ; — par une voie plus simple et plus naturelle que Boussinesq,

il a donné une solution du problème de la conciliation du déterminisme avec le libre arbitre.

Cette œuvre de De Tilly a-t-elle été appréciée dans son pays comme elle méritait de l'être ? Nous n'oserions l'affirmer : les géomètres la trouvaient trop philosophique, les philosophes ne pouvaient la comprendre parce qu'elle était trop mathématique. A cette heure des suprêmes séparations, qu'il nous soit permis à nous au moins, son disciple et souvent le confident de ses pensées, dans ce domaine de la philosophie scientifique, de dire hautement que nous regardons les travaux de De Tilly, en géométrie et en mécanique non euclidiennes, comme appartenant à la partie impérissable de la science.

Mais ce n'est pas là toute l'œuvre de De Tilly. Homme du devoir, il savait que, comme officier d'artillerie, il devait être un technicien et il le fut. En réalité, ce sont ses heures de loisir seules qu'il a données à la science pure ou philosophique. Dans ses heures de travail professionnel, qui sont les plus nombreuses, il consacre toutes les ressources de son esprit aiguisé par ses recherches spéculatives aux problèmes de mécanique appliquée et d'art militaire qu'il est de son devoir d'approfondir et de résoudre. C'est ainsi qu'en vingt ans, de 1863 à 1883, je trouve dans la liste de ses écrits plus de vingt notes, mémoires ou ouvrages sur les sciences appliquées : sur l'appréciation des distances en artillerie (1863) ; cours de mécanique (1866, 1868) ; deux cours d'artillerie (1867, 1872-1878) ; sur le frottement de glissement (1870) ; sur le roulement (1871) ; sur la balistique appliquée (1872) ; sur le mouvement d'un solide (1873-1874) ; sur la similitude mécanique (1873-1874) ; balistique extérieure (1874) ; balistique intérieure (1875) ; sur les levers du matériel d'artillerie (1875) ; sur des questions de balistique (1876) ; sur le cerclage des canons (1876) ; sur la rotation des projectiles (1877) ; sur des engrenages à embrayage auto-

matique (1878) ; sur la résistance de l'air dans le tir des projectiles (1883).

Sa compétence en mécanique pure et appliquée était universellement reconnue par ses confrères de l'Académie, de la Société scientifique et du Conseil de perfectionnement. Il était chargé de tous les rapports relatifs à cette partie de la science, ou y touchant de près ou de loin. Avec quelle conscience ne s'acquittait-il pas de cette tâche souvent ingrate de rapporteur ! Je pourrais citer tel travail récent de mécanique dont l'examen lui a coûté une grande partie de ses loisirs pendant près d'un an. Mais aussi, grâce à l'active collaboration d'un rapporteur aussi consciencieux, l'auteur a pu transformer son mémoire et le rendre inattaquable. Trente ans auparavant, De Tilly avait ainsi complété et précisé un mémoire de Genocchi sur les Eulériennes. Tel livre soumis au Conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen est devenu un bon manuel, parce que l'auteur a pu le remanier d'après une critique minutieuse et détaillée que De Tilly, avec sa bienveillance accoutumée, avait bien voulu en faire.

Il avait des idées vraiment élevées sur le rôle de l'enseignement scientifique, soit dans les athénées et collèges, comme le prouvent son opuscule de 1897-1899 et maints articles originaux de méthodologie mathématique, soit dans les écoles techniques et, en particulier, à l'École militaire. Comme Brialmont, comme Liagre, comme Nerenburger, il appartenait à cette élite, qui pendant les fécondes années de leurs études supérieures ont senti leur intelligence se développer et s'épanouir sous l'influence d'un haut enseignement scientifique. Ils ont eu conscience de leur valeur personnelle en luttant de toutes leurs forces contre les difficultés des mathématiques transcendantes, des sciences physiques et de leurs applications exposées scientifiquement. Aussi ont-ils tous voulu que les jeunes générations qui doivent passer à l'École militaire pussent s'abreuver à leur tour à ces sources fécondes du savoir.

De Tilly a lutté dans des conditions difficiles pour le maintien de ces hautes traditions à l'École militaire et il y a réussi, mais au prix de bien rudes épreuves. Ce n'est ni le lieu ni le moment de les rappeler ; mais puisque j'ai l'honneur de parler ici au nom de l'Académie, je serais infidèle au mandat qu'elle a bien voulu me confier, si je ne disais pas que la Classe des sciences a fait tout ce qu'elle a pu pour en adoucir l'amertume. Dans sa séance du 6 janvier 1900 qui a suivi l'éloignement de De Tilly de cette École militaire à laquelle il avait donné le meilleur de sa vie, elle l'a élu à l'unanimité son Directeur pour la seconde fois.

La *Société scientifique de Bruxelles* s'honore aussi d'avoir compté De Tilly parmi ses membres pendant trente ans. Il a fait partie de son Conseil chaque fois que ses occupations professionnelles le lui ont permis ; il en a été vice-président trois fois (1876-1877, 1903-1904, 1904-1905) et président pendant l'année écoulée, 1905-1906. Nous étions fiers de compter dans nos rangs un savant aussi profond et aussi original, qui partageait nos convictions religieuses, philosophiques et scientifiques.

Par la dignité de sa vie, par la noblesse de son caractère, par son scrupuleux amour du devoir, par la sûreté de son amitié, De Tilly s'était acquis l'estime et l'affection de tous ceux qui avaient pu le connaître intimement. A l'Académie, à la Société scientifique de Bruxelles, au Conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen, il ne comptait que des amis. En leur nom à tous, je lui adresse le suprême *Au revoir* de l'espérance chrétienne, là-haut, dans le royaume de la Lumière sans ombre, de la Justice sans défaillance.

P. Mansion,
membre de l'Académie royale de Belgique.

LA CHRONOLOGIE

DES

ÉPOQUES GLACIAIRES

ET

L'ANCIENNETÉ DE L'HOMME

La notion de l'ancienne extension des glaces en Europe est aujourd'hui devenue si courante, qu'on a de la peine à se figurer que son introduction dans la science soit encore bien loin d'avoir un siècle de date. C'est en 1815 que l'idée en est venue, par simple intuition, à un modeste guide alpin, Perraudin, et Venetz, qui ne reçut pas sans surprise la confidence de cette conception, dut la mûrir quelque temps avant de se décider à s'en faire le champion. Il fallut ensuite, pour amener le triomphe de cette nouveauté, les efforts successifs des Charpentier, des Agassiz, des Desor, et la lumière ne parut faite que quand, il y a une cinquantaine d'années, Alphonse Favre se fut trouvé en mesure de définir avec précision le territoire que les glaces alpines avaient occupé. Encore cette démonstration ne fut-elle pas de suite acceptée par tous. Ceux qui, de 1860 à 1865, fréquentaient les cours de l'École des Mines, se souviennent encore de l'incrédulité, pour ne pas dire de l'irritation, que provoquait, chez l'illustre auteur de la théorie des soulèvements, toute allusion aux glaciers

quaternaires. Il admettait volontiers de grands cataclysmes *diluviens*, distinguant même un *diluvium scandinave* et un *diluvium alpin* ; mais pour lui, tout cela était l'œuvre de violents cours d'eau, et il ne fallait pas lui parler de glaciers. Quand, en 1875, la Société géologique de France tint une réunion en Savoie, sous la direction d'Alphonse Favre, qui fit exprès, durant toute une journée, de promener les excursionnistes au milieu des anciennes moraines et des rochers polis, on pouvait encore entendre grommeler, parmi les groupes, quelques attardés de la vieille école, qui s'obstinaient à ne pas ouvrir leurs yeux à la lumière.

Combien les choses sont changées depuis lors, et qui donc aujourd'hui voudrait contester l'ancienne extension des glaces, en dehors de quelques fantaisistes que la contradiction amuse, ou de faiseurs de systèmes, dont les conceptions *a priori* se trouvent dérangées par les faits devant lesquels s'inclinent tous les observateurs de bonne foi ?

Donc il ne s'agit plus maintenant de prouver que les glaces ont occupé d'immenses territoires, non seulement autour des Alpes, où elles couvraient 150 000 kilomètres carrés, contre 4000 qu'elles occupent aujourd'hui, mais aussi autour des Pyrénées, des cimes du Massif Central, des Vosges et des Carpathes, tout comme elles rayonnaient, sur des millions de kilomètres carrés, de part et d'autre de la Scandinavie ainsi que de la région laurentienne de l'Amérique. Il ne s'agit même plus de définir avec précision les limites atteintes par cette extension. A mesure qu'on s'appliquait à cette tâche, il a bien fallu reconnaître qu'il y avait moraines et moraines ; qu'entre deux dépôts morainiques d'ancienne date, il pouvait exister, sous le rapport de la constitution comme sous celui de la situation mutuelle, autant de différence qu'en pouvait présenter une moraine quaternaire, relativement à un dépôt glaciaire s'accomplissant sous nos yeux. La

preuve fut bientôt faite, non seulement que l'extension quaternaire avait présenté des oscillations, au moins comparables à celles qui, de nos jours, font tantôt avancer, tantôt reculer les lobes de glaces ; mais que, parmi ces oscillations, il s'en trouvait d'une telle ampleur que parfois, entre deux périodes de progression, le terrain avait dû se trouver au moins aussi libre de glaces qu'il l'est aujourd'hui. En résumé, ce n'est pas à *une époque glaciaire* unique qu'on avait affaire, mais à *plusieurs*, séparées par des stades *interglaciaires*, et dont la succession a dû embrasser un énorme intervalle de temps. Mais alors, combien doit-on reconnaître de ces époques ?

Au début, dans le massif alpin, on en a clairement distingué deux. Les dépôts de la plus récente formaient, bien en avant des glaciers actuels, une ligne de moraines encore très fraîche, sinon continue, du moins facile à reconstituer dans son ancien contour, et dont les matériaux n'avaient subi aucune altération sensible. On y reconnaissait encore, sans difficulté, une boue glaciaire grisâtre, empâtant des blocs de toute dimension, dont beaucoup à contours anguleux, en même temps que plusieurs montraient des *rayures* caractéristiques. A cause de leur situation, à moindre distance des glaciers du temps présent, ces moraines furent appelées *moraines internes*.

Mais, en dehors du territoire qu'elles occupaient, les yeux des glaciéristes, désormais façonnés à ce genre de recherches, apprirent bientôt à reconnaître, épars çà et là, des lambeaux de cailloutis assez analogues aux précédents. Les éléments, il est vrai, en étaient sensiblement altérés, par suite d'une plus longue exposition à l'influence des agents atmosphériques. La surface, bien moins irrégulière, avait perdu les caractères habituels du *paysage morainique*. Mais la nature et la disposition des matériaux plaidaient pour une origine glaciaire. D'ailleurs, là où ces dépôts entraient en contact avec les moraines

internes, on voyait celles-ci raviner très nettement les dépôts plus altérés. Ces derniers représentaient donc un état glaciaire plus ancien, qui s'était étendu en surface plus loin que l'autre, à une époque où la topographie de la contrée différait beaucoup de ce qu'elle est aujourd'hui. Ils appartenaient à une chaîne de *moraines externes*, chaîne aujourd'hui morcelée par le travail des cours d'eau, en même temps qu'oblitérée par la longue action des agents météoriques, mais suffisamment nette pour qu'on pût affirmer une première extension des glaces.

Plus d'une fois d'ailleurs, entre les moraines internes et la chaîne externe, on voyait apparaître, ravinant la dernière, mais recouvertes par les premières, soit de vraies alluvions fluviales avec débris de grands pachydermes ou de rhinocéros, soit des dépôts de lignites, où les restes végétaux trahissaient une température très clémente. Il y avait donc eu, entre la première et la seconde époque glaciaire, une vraie période *interglaciaire*, durant laquelle les vallées de la Suisse, auparavant enfouies sous un épais manteau glacé, avaient dû être dégagées jusqu'au cœur même du massif. Des constatations analogues étaient aussi faites en Amérique, où l'on apprenait à distinguer le vrai *drift* glaciaire, avec sa topographie morainique si bien accentuée, d'un *drift atténué*, capable de s'étendre jusqu'à des centaines de kilomètres en avant de l'autre. Ce drift atténué représentait ce que l'érosion et l'altération atmosphérique avaient bien voulu laisser subsister, parmi les dépôts d'une première invasion glaciaire qui, comme celle d'Europe, avait couvert plus d'espace que la seconde.

Ce premier point une fois acquis, la poursuite des levés géologiques de détail mit les observateurs dans la nécessité d'opérer, en chaque point, la séparation des dépôts respectivement attribuables aux deux époques. Ce travail, entrepris pour les Alpes orientales par M. Penck, le

savant professeur de l'Université de Vienne (1), le conduisit dès 1883, non pas seulement à soupçonner, mais à établir par des faits, que le nombre des extensions glaciaires devait être porté à trois (2), sans préjudice des oscillations de moindre importance que chacune d'elles avait pu traverser. Les moraines internes continuant à jalonner la troisième invasion, tandis que les moraines externes correspondaient à la seconde, les traces de la première se trouvaient dans des cailloutis très altérés, occupant des *plateaux*, où ils formaient des lambeaux de *nappes*, tandis que les moraines internes et externes apparaissaient surtout sous forme de *terrasses aux flancs des vallées actuelles*. A ce moment d'ailleurs, à la notion des moraines proprement dites commençait à se joindre, et cela, grâce surtout à M. Penck, la considération des *cailloutis fluvio-glaciaires*, dont il convient maintenant de dire un mot, car elle a introduit des facilités particulières dans l'étude d'un problème dont à eux seuls les dépôts morainiques n'auraient pas suffi à fournir la solution, à cause de la facilité avec laquelle leurs éléments s'oblitèrent dans le cours des temps.

Lorsque le climat d'une région montagneuse est assez stable pour que les glaciers du massif ne subissent pas de variations notables, l'extrémité libre de chacun d'eux s'arrête à une certaine position moyenne, de part et d'autre de laquelle elle n'exécute que de faibles oscillations. Or la glace ne cesse de charrier des matériaux, amenés à sa surface par les avalanches, et qu'elle transporte lentement, soit sur ses bords et à sa surface, sous forme de *moraines latérales* et *médianes*, soit sur son fond, à titre de *boue morainique* et de *graviers sous-glaciaires*.

Arrivés à la fin de leur course, tous ces matériaux

(1) Aujourd'hui transféré à l'Université de Berlin, où il a recueilli la succession du baron de Richthofen.

(2) *Die Vergletscherung der deutschen Alpen.*

tombent en avant du glacier, et construisent une *moraine terminale* ou *frontale*, qui entoure en arc de cercle l'extrémité libre du lobe de glace, et fait face à l'aval par un talus, dont l'inclinaison est celle que la pesanteur assigne à un mélange de boue et de blocs de diverses grosseurs. A chaque instant, une portion de ce talus s'éboule, sous le poids de quelque grosse pierre ou sous l'action de la pluie. En même temps, la fusion de la glace engendre des ruisseaux qui sillonnent le talus et en accroissent l'instabilité. Avant de parvenir au torrent, qui constituera l'émissaire unique du glacier, chacun de ces ruisseaux entraîne, pour les déposer un peu plus bas, quelques-uns des matériaux de la moraine, la boue d'abord, les pierres ensuite. Tout cela donne naissance à des *cailloutis*, dont l'allure s'approche de plus en plus de celle des *alluvions* torrentielles, à mesure qu'on s'éloigne de la moraine qui en a fourni les éléments. Ceux-ci, d'abord anguleux et dispersés sans ordre dans une boue glaciaire, s'arrondissent et se classent peu à peu selon leur grosseur, perdant leurs rayures et finissant par se stratifier régulièrement.

Ainsi l'appareil terminal d'un glacier stationnaire est un amas plus ou moins large, en forme de demi-cercle, tournant sa convexité vers l'aval, et passant insensiblement de l'état de moraine franche à celui d'alluvion torrentielle. A son contact avec la glace, le mélange des éléments est tout à fait confus, et comme chaque oscillation secondaire du glacier amène sa charge de matériaux, tantôt en un point, tantôt à droite ou à gauche de l'amas déjà constitué, tous ces apports successifs donnent, à la surface de la moraine frontale, l'aspect chaotique qui caractérise le paysage morainique. C'est un enchevêtrement capricieux d'éminences de hauteurs inégales, interceptant entre elles des espaces où l'écoulement de l'eau ne peut plus se faire, et qui, au début, abritent autant de mares ou d'étangs.

Mais, quand on descend, tout se régularise, la surface

cesse d'être indécise, et la vraie moraine fait place à un *cailloutis fluvio-glaciaire*. C'est ce que les Allemands ont coutume de désigner sous le nom de *Schotter*.

Maintenant, que le climat vienne à changer, en s'adoucissant, assez vite pour que la retraite du lobe de glace soit rapide, il restera, dans la vallée que celle-ci occupait, d'abord une dépression en amont, à l'endroit où stationnait la glace ; et cette dépression aura toutes chances de se transformer en un lac, le poids du lobe de glace stationnaire ayant dû, à la longue, entraîner un certain approfondissement. Ensuite on observera, dominant cette cuvette, un amphithéâtre franchement morainique, concave du côté de la dépression, et passant insensiblement, dans la direction opposée, à un cailloutis fluvio-glaciaire. Ce cailloutis aura un développement d'autant plus grand en longueur, que la moraine d'où il dérive était elle-même plus considérable ; et les oscillations secondaires que subissait l'extrémité libre de la glace se traduiront par une véritable indentation de la moraine franche dans des cailloutis mixtes, le dépôt morainique débordant ceux-ci dans les périodes de crue, et se laissant envahir par eux dans les phases de décrue.

Il n'est donc plus nécessaire, pour affirmer la présence d'un ancien glacier, de retrouver une vraie moraine, exclusivement composée de blocs anguleux dans une boue sans stratification. La preuve en sera tout aussi bien fournie par un cailloutis fluvio-glaciaire, qu'un œil exercé saura toujours distinguer d'une alluvion exclusivement formée dans l'eau courante. C'est par l'étude méthodique des cailloutis que M. Penck était arrivé à distinguer trois phases glaciaires dans les Alpes allemandes, et, dans la même année 1883, il montrait que ces trois phases pouvaient également être discernées dans la région sous-pyrénéenne.

Mais ce n'était là qu'un premier aperçu, qu'une nouvelle étude de détail allait encore compliquer. En 1887,

la section de Breslau de l'Association des alpinistes allemands et autrichiens avait mis au concours l'étude des anciens dépôts glaciaires dans les Alpes autrichiennes. M. Penck était tout indiqué pour cette tâche, à laquelle s'associa d'abord M. von Böhm. Ensuite le savant professeur de Vienne, encouragé par la société de Breslau, qui promettait son concours pour la publication des résultats, résolut d'étendre l'exploration au massif alpin tout entier, en s'assurant, pour la Suisse, la coopération de M. le professeur Ed. Brückner, de l'Université de Berne (1).

Il ne s'agissait plus cette fois d'un coup d'œil d'ensemble, destiné à fixer les grands traits du phénomène, mais bien d'une minutieuse enquête, en vue de définir, en chaque point de l'avant-pays alpin, ce qui pouvait revenir en propre à chacune des grandes extensions. La surface à étudier était considérable, les cailloutis fluvio-glaciaires de la principale invasion pouvant être suivis depuis le cœur de la chaîne jusqu'aux approches mêmes du Danube, dans la région d'Ulm.

Au cours de ses explorations, M. Penck fut surpris de l'allure singulière que semblaient affecter les cailloutis plus anciens aux alentours du Lac de Constance. Partout ailleurs, il les avait vus former sur les plateaux une nappe, doucement et régulièrement inclinée vers le nord. Le morcellement que leur infligeaient les vallées actuelles, découpées dans leur masse, n'empêchait pas de raccorder entre eux les divers lambeaux, et d'y suivre sans trouble les étapes de cette descente progressive vers le Danube.

Or, les environs du Lac de Constance semblaient donner à cette régularité d'allures un démenti formel. Les lambeaux reconnus offraient, les uns par rapport aux autres, d'inexplicables différences d'altitude. En cherchant à les raccorder, on trouvait que parfois le plongement

(1) Depuis lors, M. Brückner a accepté la chaire de Géographie à l'Université de Halle sur Saale, qu'il a récemment quittée pour celle de Vienne.

paraissait se faire en sens inverse, c'est-à-dire vers les Alpes. Un moment M. Penck se demanda si, postérieurement à la formation de la nappe caillouteuse, il ne s'était pas produit, à titre de dernier écho du soulèvement alpin, une déformation qui eût entraîné des ondulations dans cette nappe. Mais des mesures de précision firent écarter cette hypothèse, en montrant qu'il eût fallu imaginer tout un ensemble de dislocations capricieuses, le plongement, absolument irrégulier, paraissant se faire, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre quelconque.

Enfin, au commencement de 1898, la lumière vint éclairer ce chaos. Un jour, dans une excursion heureusement combinée, M. Penck vit nettement devant lui *deux nappes de cailloutis*, occupant des altitudes différentes, et dont chacune se reliait visiblement vers l'amont à un dépôt dont l'origine fluvio-glaciaire ne pouvait être méconnue. Armé de cette découverte, il s'appliqua à faire, dans toute la région, la part qui revenait à chacune des deux nappes, appuyant ses observations sur des mesures d'altitude poussées jusqu'à une approximation d'un mètre. Il eut ainsi la satisfaction de reconnaître qu'une fois ce départ effectué, toutes les irrégularités disparaissaient, chacune des deux nappes montrant, vers le nord, une inclinaison très régulière, et ses différents lambeaux se raccordant entre eux aussi bien qu'on pouvait le souhaiter.

Désormais il était permis de regarder comme prouvé qu'il s'était produit *quatre* extensions glaciaires au lieu de trois ! Bientôt les Alpes orientales, dans les régions de l'Inn, de la Salzach et de l'Enns, vérifiaient à leur tour cette conclusion, pendant qu'en Suisse M. Brückner réussissait à reconnaître les quatre extensions signalées par M. Penck.

Voici donc l'état actuel de la question, tel qu'il est résumé dans la belle publication, entreprise sous les auspices de la section des alpinistes de Breslau et qui,

commencée en 1901, en est actuellement à sa huitième livraison (1) :

Les quatre espèces de cailloutis fluvio-glaciaires du massif alpin se divisent en deux séries bien distinctes.

Ceux de la première s'observent toujours sur les plateaux qui séparent les vallées actuelles, où ils forment des lambeaux de *nappes*, d'où le nom de *deckenschotter*, c'est-à-dire *cailloutis en nappes* ou *cailloutis des plateaux*. M. Penck distingue le cailloutis supérieur ou des *hauts plateaux*, et l'inférieur ou des *bas plateaux*. Le premier, dont les moraines sont presque complètement oblitérées, est remarquable par l'altération profonde que ses éléments ont subie. Les matériaux granitiques y sont entièrement décomposés. Ce cailloutis s'est étalé sur une *pénéplaine*, c'est-à-dire sur un avant-pays alpin déjà presque complètement aplani par l'érosion, mais dont la topographie a été depuis lors profondément modifiée, tant par l'étalement des nappes que par les vallées qui ont été creusées dans leur masse.

Le type du cailloutis supérieur a été choisi par M. Penck sur le plateau que traverse la rivière Günz, affluent qui aboutit au Danube entre Ulm et Augsbourg. L'invasion glaciaire à laquelle correspond cette nappe est donc l'*époque du Günz* ou le *Günzien*.

Le cailloutis inférieur, en lambeaux de nappes sur de bas plateaux, découpés dans les précédents, et moins altéré dans ses éléments, a son type sur le pays traversé par la rivière Mindel, qui aboutit au Rhin un peu en aval du Günz. L'invasion correspondante est celle de l'*époque du Mindel* ou *Mindélien*.

Les cailloutis de la seconde série se distinguent des précédents par un caractère essentiel. Ce n'est jamais sur des plateaux qu'on les trouve étalés. Ils s'observent *sous*

(1) Penck et Brückner. *Die Alpen im Eiszeitalter*, Leipzig, Tauchnitz. Voir aussi Penck, ARCHIV FÜR ANTHROPOLOGIE, 1905, p. 79.

la forme de terrasses, aux flancs des vallées actuelles. Ce sont des *cailloutis de terrasses*, ou *terrassenschotter*, par opposition avec les *cailloutis de nappes* ou *deckenschotter*. Quand ils se sont déposés, ces derniers étaient déjà entaillés par les rivières, qui devaient s'approfondir de plus en plus dans leur masse. D'autre part, il est toujours facile de retrouver les moraines auxquelles se rattachent les dépôts en question.

De ces dépôts des terrasses, les plus anciens, ou cailloutis des *hautes terrasses*, apparaissent ordinairement à 90 ou 100 mètres au-dessus du lit actuel des rivières correspondantes. Leur type a été choisi aux flancs de la vallée du *Riss*, affluent de l'Isar. Ils correspondent à l'*époque glaciaire du Riss* ou *Rissien*.

Enfin les cailloutis des *basses terrasses*, entaillés dans les précédents, et situés à 30 ou 35 mètres au-dessus des cours d'eau du temps présent, sont bien caractérisés dans la vallée du *Würm*, rivière qui, après avoir traversé le lac de ce nom, vient se perdre, un peu au nord de Munich, dans des marécages alimentant à la fois l'Isar et l'Amper. Ils accusent la quatrième et dernière invasion glaciaire, celle de l'*époque du Würm* ou *Würmien*.

Nous avons dit que les moraines du Günzien (celles du *deckenschotter* ancien) sont presque entièrement méconnaissables, tant l'action prolongée des agents météoriques en a modifié la composition. En revanche, on arrive à reconstituer les moraines du mindélien, et mieux encore celles des époques suivantes. On constate alors que les invasions du mindélien et du rissien se sont avancées plus loin que celle du würmien. Elles correspondent aux moraines *externes* de l'ancienne classification, tandis que seuls les dépôts du würmien représentent les moraines *internes*.

Il est des points où l'on peut encore reconnaître la présence simultanée des quatre cailloutis. Tel est le cas dans la vallée du Rhin, entre Schaffouse et Bâle, à Brugg,

où ils s'échelonnent entre 305 et 500 mètres d'altitude, tandis qu'à Rheinfelden il n'y a pas entre eux plus de 20 à 30 mètres de différence de niveau.

Un trait caractéristique des cailloutis des trois premières invasions est que tous peuvent être recouverts par le dépôt limoneux jaunâtre connu sous le nom de *loess*, et qui, calcarifère à la base, est décalcifié et transformé dans le haut en *limon* brun. Cette boue, de formation subaérienne, est interglaciaire, et si elle a pu se former dans les intervalles des diverses invasions, c'est surtout entre la troisième et la quatrième qu'elle paraît s'être développée. Il est certains dépôts de loess qu'on voit nettement passer sous les moraines de l'extension würmienne.

La dernière progression glaciaire, celle du würmien, a laissé des traces si nettes que, non content de reconstituer ses moraines extrêmes, on peut entreprendre de démêler les oscillations successives du front des glaces durant cette période. M. Penck a reconnu quatre *stades* principaux de progression, qu'il a désignés, en commençant par les plus anciens, sous les noms de Achen, Bühl, Gshnitz et Daun. Il s'est assuré de la position que devait occuper, durant chacun de ces stades, la limite des neiges persistantes. Alors qu'en moyenne, pour les précédentes invasions, cette limite était descendue entre 1200 et 1300 mètres au-dessous de sa position actuelle, la descente n'eût été que de 900 mètres pour le stade de Bühl, de 600 pour celui de Gschnitz, enfin de 300 à 400 pour celui de Daun. Ainsi, c'est par étapes que la retraite définitive des glaces se serait produite.

Dans l'intervalle des invasions glaciaires, non seulement la limite des neiges revenait à son altitude normale, mais parfois il lui arrivait de la dépasser sensiblement. Ainsi, entre le rissien et le würmien, il s'est formé à Hötting en Tyrol, par 1150 mètres d'altitude, une brèche d'origine subaérienne, contenant des restes végétaux où figurent, à côté de plantes vivant encore dans la contrée, *Rhodo-*

dendron ponticum et *Buxus sempervirens*. Ces dernières formes sont nettement méridionales, et il s'y associe un *Rhamnus* très voisin d'une espèce connue aux Canaries. Au Caucase, la limite supérieure atteinte par *Rhododendron ponticum* jouit d'une température moyenne de 7°C., supérieure de 2 degrés à celle qui prévaut aujourd'hui à Hötting, et la limite des neiges s'y tient à 3000 mètres, soit à 400 mètres plus haut que de nos jours aux environs d'Innsbruck. Donc, à l'époque où se formait cette brèche, les glaciers alpins ne pouvaient manquer d'être plus petits qu'aujourd'hui.

Mais ici peut-être on demandera de quelle manière il est possible de reconstituer, pour une époque donnée, la position de la limite des neiges. Voici comment M. Brückner répond à cette question (1) :

Si, dans un massif, on parvient à reconnaître, par la recherche attentive des traces de moraines, ceux des plus hauts sommets qui ont dû porter de petits glaciers, la hauteur de ces sommets fixera une limite supérieure pour l'altitude des neiges persistantes, qui, évidemment s'élevait au moins jusque-là. A côté de cela, la hauteur de ceux des sommets voisins qui, malgré une configuration propice à l'accumulation des glaces, ne laissent pas voir de traces de glaciers, assigne à la ligne des neiges une limite inférieure, puisqu'on peut affirmer que les neiges perpétuelles ne descendaient pas aussi bas. Entre les deux valeurs doit se trouver l'altitude cherchée.

Conjointement avec cette méthode qui, préconisée par J. Partsch, donne d'excellents résultats, une autre a été proposée par M. Kurowski. Elle consiste à utiliser ce fait d'expérience, que l'*altitude moyenne de la surface* d'un grand glacier est justement égale à celle de la limite des neiges pour la région. Par altitude moyenne, il faut entendre le résultat de l'intégration de toutes les altitudes

(1) HETTNER'S GEOGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT, 1904, p. 570.

élémentaires, évaluées depuis le front de la glace, reconnaissable à ses moraines terminales, jusqu'à la région des névés, où cessent les moraines latérales. M. Brückner affirme que, par cette méthode, on obtient une approximation à cinquante mètres près.

Avant de quitter le sujet de la limite des neiges, ayons soin d'enregistrer encore une très importante remarque de M. Brückner. On sait combien l'extension glaciaire a été considérable en Suisse lors de la principale invasion, ainsi que le démontre la restitution des contours de l'ancien glacier du Rhône. Rien de semblable ne s'étant produit dans les Alpes orientales, on a cherché à expliquer cette différence en admettant que, par suite de la plus grande proximité de la mer, source des vents humides du sud-ouest, la limite des neiges devait, en raison d'une alimentation plus abondante, descendre à l'ouest du massif plus bas qu'à l'est.

Mais M. Brückner croit que la cause de cette particularité doit être cherchée dans l'obstacle que le relief du Jura opposait à l'extension de la glace. Si celle-ci n'avait pas rencontré la chaîne jurassienne, en descendant des massifs de l'Aar et du Mont Blanc, elle se serait étalée en lobes étendus, sur lesquels l'ablation se fût exercée de façon normale et en eût entravé le progrès. Forcée de s'accumuler contre la barrière montagneuse, au point d'atteindre devant elle une épaisseur parfois supérieure à un millier de mètres, avant de trouver une issue à l'ouest par certains cols du Jura, la glace a gonflé de telle sorte, qu'en beaucoup de points sa surface libre en est arrivée à dépasser la limite des neiges. De la sorte, un état de congélation permanente s'est établi au-dessus des points où, sans cet amoncellement, l'ablation aurait empêché l'augmentation d'épaisseur du lobe glaciaire.

Ainsi, à partir du moment où son extension lui a fait atteindre le pied du Jura, le glacier du Rhône a dû devenir, pour le climat de la région, un facteur prépondérant,

agissant de manière à y opérer un relèvement progressif de la limite des neiges.

De cette façon, tandis que, dans les Alpes orientales, le glacier de la Salzach, libre de se développer sans obstacles, n'a couvert, lors du rissien, que 5 °/₀ de plus que la surface qui devait être occupée plus tard par l'invasion würmienne, la différence de superficie, entre les deux invasions, atteint en Suisse 30 °/₀ au profit de la première. Et pourtant, de l'une à l'autre, et pour les deux territoires, la même différence s'est maintenue entre les altitudes respectives de la limite des neiges ; c'est-à-dire que, dans les Alpes orientales comme en Suisse, à l'époque du rissien, cette limite descendait à 100 ou 150 mètres plus bas que plus tard, lors du würmien.

Mais revenons maintenant à la succession des phases de l'époque glaciaire. Ce n'est pas tout de l'avoir établie avec une précision dont l'exemple n'avait pas encore été donné. Un autre devoir s'imposait à M. Penck, celui de dater ces alternatives en définissant leur concordance avec les divisions chronologiques des temps quaternaires, pendant lesquels elles se sont déroulées.

On sait que la chronologie quaternaire repose sur l'emploi combiné de l'argument archéologique, déduit de l'étude des produits de l'industrie humaine, et de l'argument paléontologique, fondé sur les variations de la faune, spécialement des grands herbivores, durant le même temps.

A ce point de vue, on a coutume de distinguer, au début, une époque *chelléenne* (1), où les silex, très roulés et grossièrement taillés en forme de *coup de poing* amygdaloïde, sont accompagnés par les restes de l'*éléphant antique* et du *Rhinoceros Mercki*, espèces qui, jointes aux coquilles caractéristiques de cette phase, entre autres la *Corbicula fluminalis*, indiquent un climat plus chaud que

(1) De Chelles-sur-Marne.

le climat actuel ; d'où le nom de *faune chaude*, donné à cet assemblage d'animaux.

Dans l'époque suivante ou *acheuléenne* (1), le coup de poing est plus régulièrement taillé, plus petit, sensiblement moins roulé, et avec lui commencent à se montrer les formes dites *pointe à main* et *râcloir*, lesquelles deviendront plus fréquentes avec l'époque *moustérienne* (2). La faune acheuléenne est plus froide, comprenant des animaux à toison, tels que le *mammouth (Elephas primigenius)* et le *Rhinoceros tichorhinus*. Ceux-ci persistent dans la phase moustérienne, où se montre déjà le *renne (Rangifer tarandus)*, en même temps que les outils de silex prennent des formes de plus en plus lancéolées (3).

Un perfectionnement de la taille des silex, en forme de feuilles de laurier, caractérise le *solutréen* (4), dont la base, abondante en restes de chevaux et en rongeurs de steppes, ne contient pas encore les pointes de flèches et les têtes de lances de la partie supérieure. Alors apparaît le *magdalénien* (5) typique, époque des dépôts des cavernes, avec ossements de *renne* et instruments d'os ou d'ivoire portant des gravures et des sculptures ; après quoi l'humidité revient, rendant la prédominance au *cerf*.

Là finit le *paléolithique*. Les dépôts qui viendront après appartiendront au *néolithique* ou âge de la *pierre polie*, précédant immédiatement l'époque actuelle.

Cette classification étant admise, le procédé à employer, pour dater les cailloutis glaciaires, paraît très simple en principe. Il s'agit de rechercher les stations paléolithiques situées dans le voisinage du massif alpin, et d'établir leurs rapports de juxtaposition ou de superposition avec les divers cailloutis. Par exemple, si un cailloutis d'âge ris-

(1) De Saint-Acheul près d'Amiens.
(2) De l'abri-sous-roche du Moustier (Dordogne).
(3) Obermaier, ARCHIV FÜR ANTHROPOLOGIE, 1906, p. 306.
(4) De Solutré en Dordogne.
(5) De La Madelaine en Périgord.

sien bien déterminé supportait un gisement paléolithique d'âge acheuléen, c'est que l'époque acheuléenne serait postérieure à l'invasion rissienne. De même une station dont la surface se montrerait ravinée par un cailloutis würmien serait évidemment préwürmienne.

Malheureusement les stations paléolithiques du pourtour des Alpes appartiennent presque toutes aux diverses phases de l'époque magdalénienne, et, parmi celles qu'on voit en relation avec des cailloutis définis, il en est très peu de plus anciennes. Une seule a paru à M. Penck susceptible de fournir une indication décisive. Encore est-elle fort loin des Alpes ; c'est la station de Villefranche-sur-Saône, un peu en amont de Lyon et en aval de Solutré. Là s'observe, à une dizaine de mètres au-dessus de la rivière, une terrasse d'alluvions recouverte de loess, et où l'on trouve, en même temps que des outils de type moustérien franc, un assez curieux assemblage d'ossements, offrant l'association de l'éléphant antique, même de l'éléphant méridional, avec le mammouth, le rhinocéros à narines cloisonnées et enfin le renne.

La terrasse de Villefranche, étant recouverte de loess, ne pouvait être qu'interglaciaire, et antérieure au würmien. Seulement quelle faune devait la caractériser ? Évidemment il y avait remaniement et mélange d'éléments d'âges différents. Mais lesquels devaient être considérés comme contemporains du dépôt ?

Plusieurs observateurs faisaient remarquer qu'à Villefranche les débris de la faune chaude étaient caractérisés par leur état fragmentaire et roulé, leur couleur brune et leur densité plus forte, attestant une fossilisation plus profonde. C'était donc aux dépens d'un dépôt contenant ces débris que le remaniement avait dû s'opérer, à une époque sensiblement plus tardive que celle de l'éléphant antique. Au contraire, les outils moustériens étaient à peine roulés, offrant des arêtes vives, et les restes d'ani-

maux de la faune froide (mammouth, rhinocéros à peau laineuse) ne montraient pas de traces d'usure.

Cependant M. Penck se rangea du côté des partisans de l'hypothèse adverse et, regardant les restes de l'éléphant antique comme la preuve d'un retour de la faune chaude avant le début du würmien, il admit que, dans le dépôt, les outils et les fossiles moustériens existaient à l'état remanié. Le moustérien en place se trouvait ainsi reporté dans la phase interglaciaire intermédiaire entre le rissien et le mindélien. Il en caractérisait la fin, le début, plus chaud, de la même phase interglaciaire, correspondant au chelléen. La phase de Villefranche elle-même aurait été suivie par la phase froide du solutréen inférieur, précédant l'invasion würmienne, contemporaine du solutréen supérieur, le magdalénien venant à son tour s'enchevêtrer parmi les oscillations du würmien.

D'après cette solution, l'humanité préhistorique et paléolithique aurait assisté successivement : 1° à la période interglaciaire du chelléen ; 2° à l'invasion rissienne du moustérien ; 3° à la période interglaciaire de Villefranche ; 4° à l'invasion glaciaire du würmien. Comme de telles vicissitudes impliquent, selon toute vraisemblance, un nombre d'années considérable, il en résultait que la civilisation chelléenne devait remonter à une très haute antiquité.

Tel était l'état des choses quand, durant l'été de 1905, un élève distingué de M. Penck, M. Hugo Obermaier, entreprit l'étude des cailloutis de la région arrosée par la Garonne et l'Ariège. Déjà, en 1883, M. Penck avait visité la contrée, où jusqu'alors on ne connaissait qu'une seule extension glaciaire ; et le savant viennois avait montré que, tout comme dans les Alpes, il était possible d'en distinguer trois. A son tour, éclairé par l'expérience acquise dans le massif alpin, M. Obermaier (1) vient de

(1) ARCHIV FÜR ANTHROPOLOGIE, 1906, p. 299.

montrer que les quatre invasions pouvaient être reconnues dans la région sous-pyrénéenne, et qu'à ce point de vue il y avait identité entre les deux massifs.

De ces extensions, une seule, la dernière, a laissé une ligne bien reconnaissable de moraines, jouant un rôle tout à fait semblable à celui des moraines *internes* dans les Alpes. Ce sont, par exemple, les placages morainiques observés contre les rochers striés de Lourdes. Les autres invasions ne sont plus représentées que par des cailloutis. Le plus ancien, correspondant au premier *deckenschotter*, s'observe à environ 150 mètres au-dessus des vallées. Il mérite le nom de *gravier des plateaux*. Une très bonne représentation de cette nappe se trouve dans les *alluvions anciennes* du plateau de Lannemezan, si profondément altérées, par une longue exposition à l'air, que les anciens cailloux du dépôt, devenu argileux, ne se distinguent plus que sur les cassures fraîches, grâce à une différence de couleur qui dessine leur forme extérieure. M. Boule, à qui revient le mérite d'avoir très bien discerné le caractère et l'origine de ces alluvions, avait établi du même coup que leur dépôt, antérieur à l'époque de l'éléphant antique, était d'autre part postérieur au miocène supérieur.

Le second cailloutis est assez difficile à suivre ; car il est réduit à l'état de terrasse, dominant de 100 mètres le lit de la Garonne actuelle. A la Bastide-Clermont, cette *haute terrasse* a 5 kilomètres de largeur. La troisième ou *moyenne terrasse* apparaît à 55 mètres au-dessus de la Garonne et sa largeur est à Leguevin de 12 kilomètres. Enfin la quatrième ou *basse terrasse* accompagne, vers 15 mètres de hauteur, tout le cours de la rivière entre Cazères et Toulouse. La liaison de cette dernière terrasse avec les moraines d'où elle dérive a été bien mise en lumière en 1894 par M. Boule.

Cela posé, tandis que les dépôts paléolithiques sont très rares à proximité des cailloutis alpins, les stations

de cet âge sont nombreuses dans le bassin de la Garonne, où elles ont fait l'objet de fouilles, de collections et de descriptions classiques, auxquelles M. Obermaier a pu facilement se reporter. De cette comparaison méthodique sont sorties les conclusions suivantes (1) :

Dans les gisements paléolithiques de la vallée de la Garonne, les outils sont en quartzite, ce qui explique leur taille plus grossière, qui leur donne une apparence plus ancienne. Ces gisements appartiennent à l'acheuléen, très peu séparé d'ailleurs du moustérien. Ils sont situés dans ou sur la moyenne terrasse et ont dû se déposer lors de la phase terminale ou froide de la dernière époque interglaciaire, tandis que l'industrie franchement moustérienne, trouvée dans les grottes de Bize et de Minerve, correspondrait à l'invasion glaciaire du würmien. D'ailleurs le moustérien typique ferait complètement défaut sur le territoire arrosé par la Garonne et l'Ariège, tandis qu'on le retrouve, soit à l'ouest (par exemple à Pouy dans les Landes), soit à l'est dans l'Aude.

L'importance de ces conclusions ne saurait être méconnue ; car il ne s'agit plus là d'hypothèses ni de rapprochements douteux. Pour la première fois (puisque le gisement de Villefranche est susceptible d'interprétations si discordantes) que des stations paléolithiques ont pu être exactement datées par des caractères *géologiques*, ces constatations font ressortir l'âge *ante-würmien* des gisements acheuléens. Ces gisements, caractérisés, en outre des outils d'industrie humaine, par le mammouth, le rhinocéros à peau laineuse et le renne, appartiennent à l'époque où se déposait le loess, dont la formation a terminé la dernière phase interglaciaire.

Quant aux stations paléolithiques de la région toulousaine, qui reposent directement sur le terrain miocène, comme celle de l'Infernet, où les outils continuent à être

(1) Une obligeante communication de l'auteur nous a permis d'avoir connaissance de la seconde partie de son travail avant sa publication définitive.

franchement acheuléens, elles se trouvent à une si petite hauteur au-dessus des cours d'eau actuels, qu'on ne peut les attribuer raisonnablement qu'à l'une des phases terminales du quaternaire (1).

Reste la question des gisements paléolithiques plus récents que l'acheuléen. La partie du travail de M. Obermaier qui les concerne n'est pas encore publiée (2) ; mais l'auteur a bien voulu nous faire connaître ses conclusions, en nous autorisant pleinement à en faire usage.

Pour lui, le moustérien franc correspond à la dernière extension glaciaire (würmienne). A cette extension aurait succédé une première période *postglaciaire*, à laquelle répondent les gisements solutréens. Ensuite aurait apparu l'industrie magdalénienne, laquelle, ainsi qu'on l'a bien souvent remarqué, accuse, non pas le climat humide et froid qui aurait été nécessaire pour déterminer une progression des glaciers, mais un climat froid et *sec*, qui devait contraindre l'homme à se réfugier dans les cavernes, en favorisant le développement du renne et des petits rongeurs de steppes, jusqu'au retour de l'humidité.

Il faut le reconnaître : ces nouvelles assimilations, fondées sur des faits précis, vont déranger beaucoup d'idées trop facilement admises jusqu'ici. Bien que certains gisements, comme ceux de la Somme et de la Marne, nous montrent le chelléen et l'acheuléen en contact immédiat, on avait mis une complaisance excessive à accepter la séparation absolue de ces deux époques, jusqu'à en faire les représentants de deux phases interglaciaires différentes, séparées l'une de l'autre par l'énorme intervalle de temps nécessaire à l'accomplissement de l'invasion rissienne. Pourtant, à plus d'une reprise, dans des gisements non remaniés, l'éléphant antique et le mammouth se sont trouvés ensemble, ce qui prouve qu'il n'y a pas d'abîme

(1) Obermaier, *loc. cit.*, p. 310.

(2) Cette publication a eu lieu entre la rédaction et la correction du présent article.

entre la faune chaude et la faune froide. En outre, les outils acheuléens ne diffèrent pas assez de ceux du chelléen pour qu'il soit vraiment à propos d'intercaler, entre ces deux industries, la longue interruption qui correspondrait à la durée d'une invasion glaciaire ; surtout d'une invasion aussi importante que celle du rissien, la plus considérable de toutes.

Combien est plus simple la solution de M. Obermaier, faisant du chelléen et de l'acheuléen deux épisodes immédiatement successifs, l'un chaud, et l'autre froid, de la dernière phase interglaciaire ! Après cela le moustérien franc, avec ses instruments d'ordinaire si profondément patinés, comme s'ils avaient subi de nombreuses alternatives de gelée et de dégel, trahirait l'invasion würmienne, à laquelle aurait succédé, mettant fin au progrès des glaces, la phase des steppes du solutréen, suivie par le régime sec et froid du magdalénien. C'est alors que se serait produit un retour d'humidité, caractérisé par les dépôts du Mas d'Azil (Ariège), avec lesquels finit l'âge *paléolithique*.

Si l'on songe que, dans ces derniers temps, il ne manquait pas d'auteurs pour tenter d'évaluer, en centaines de mille années, le temps qui avait dû être nécessaire pour le développement de chacune des diverses industries paléolithiques (1), en les supposant séparées par de longues interruptions glaciaires, on appréciera toute la valeur de l'avertissement donné, par les observations de M. Obermaier, à certains préhistoriens trop pressés de conclure d'après des faits insuffisamment démontrés. Pour l'instant, il demeure infiniment probable que, si l'on met à part le prétendu homme *éolithique*, dont la fortune momentanée semble aujourd'hui fort compromise, l'humanité préhistorique n'a vu sa carrière traversée que par une seule

(1) Une brochure a été récemment publiée sous le titre : *Douze cent mille ans d'humanité.*

invasion glaciaire, accomplie à l'époque où le *coup de poing* classique commençait à se lancéoler, et où le renne se préparait à supplanter définitivement le mammouth sur notre sol. Sans doute cette invasion ne s'est pas accomplie en un jour, et a dû exiger un nombre assez considérable d'années, qu'il faut ajouter, pour connaître l'âge de la première apparition de l'homme, d'abord à la durée des industries chelléenne et acheuléenne, ensuite aux quelques milliers d'années qui ont pu s'écouler depuis la dernière retraite des glaces jusqu'à nos jours. Mais il y a loin, sans doute, de ce total, encore inconnu pour l'instant, aux chiffres fantastiques qu'on s'était plu à énoncer.

En tout cas il est intéressant de constater qu'au lieu de reculer nos premières origines dans un passé de plus en plus lointain, l'habile et consciencieuse étude de M. Obermaier apporte des arguments considérables en faveur d'une notable réduction des évaluations précédemment admises.

A. DE LAPPARENT.

LE

PROBLÈME DE L'ALIMENTATION

PHYSIOLOGIE ET PRATIQUE DES RÉGIMES ALIMENTAIRES

Dans les maladies chroniques, les prescriptions d'hygiène et de diététique ont une importance au moins égale à celle des prescriptions médicamenteuses. « Le régime et le repos contribuent souvent autant et plus que les drogues médicinales à rendre la santé aux malades » (1). Le médecin ne saurait donc entrer dans trop de détails pour tout ce qui touche à l'alimentation de ses malades, et ceux-ci d'ailleurs lui seront reconnaissants de régler minutieusement un régime, à la condition que ce régime ne soit pas trop difficile à suivre.

Ce n'est pas seulement par les malades atteints de quelque affection chronique qu'il y a grand intérêt à faire observer une bonne hygiène alimentaire ; c'est aussi par les individus sains qui commettent chaque jour trop de fautes contre cette hygiène. La médecine tend aujourd'hui à prévenir plus qu'à guérir, et, comme le dit fort bien le professeur Landouzy, nous devons « nous montrer curateurs à la santé, éducateurs en santé, enseignant, par l'hygiène alimentaire mise à la portée de tous, comment chacun doit mieux manger pour mieux vivre » (2).

(1) Gautier, *L'alimentation et les régimes chez l'homme sain et chez les malades.*

(2) H. Landouzy et M. Labbé, *Enquête sur l'alimentation d'une centaine d'ouvriers et d'employés parisiens.* Paris, Masson, 1905.

Pour arriver à ce but de vulgariser l'hygiène alimentaire, nous ne manquons pas de documents, et l'on peut dire que toute l'étude théorique et chimique de l'alimentation a été suffisamment faite. Malheureusement, ce qui est plus difficile, c'est de ramener à des formules simples, faciles à comprendre et à retenir, les résultats fournis par tant de remarquables travaux, c'est en un mot de passer de la théorie à la pratique de l'hygiène alimentaire.

La nécessité du régime alimentaire est admise par tous. Le jour n'est pas éloigné où les médecins formuleront le régime alimentaire, comme ils formulent les prescriptions pharmaceutiques. Mais la formule est incomplète si elle n'est pas accompagnée des directions nécessaires. En d'autres termes, après avoir indiqué au malade les aliments permis et défendus, il faut le mettre à même de se conformer facilement à ce régime.

Nous étudierons d'abord les principes généraux qui doivent diriger l'alimentation de l'individu dans l'état de santé.

Nous passerons ensuite en revue quelques-uns des régimes alimentaires préconisés dans les maladies chroniques.

Ayant ainsi en main les données du problème, nous aborderons le domaine délicat de la pratique, et nous rechercherons quels sont les procédés à la fois les meilleurs et les plus simples pour suivre les régimes alimentaires.

I. PHYSIOLOGIE DE L'ALIMENTATION

Le but de l'alimentation est de contribuer à réparer les pertes de l'organisme et de produire dans les tissus de la chaleur et de l'énergie. Pour réparer les pertes de l'organisme et l'usure journalière de nos tissus, il nous faut des albumines, de la graisse, de l'eau et des sels minéraux.

Les aliments producteurs de chaleur et d'énergie sont

surtout les graisses et les hydrates de carbone ; les deux tiers environ de notre alimentation sont employés à la production de chaleur, la quantité d'énergie dont nous avons besoin varie pour chaque individu selon le travail qu'il accomplit.

Ainsi donc, nous utilisons pour notre alimentation de l'eau, des sels minéraux (chlorure de sodium, sels calcaires, potassiques, sels de fer) et trois grands groupes d'aliments : albuminoïdes, graisses, hydrates de carbone. On a calculé les différentes quantités de ces aliments qui doivent être consommées chaque jour et dans différentes circonstances : repos, travail musculaire modéré, travail de force.

Pour l'adulte au repos, M. Gautier fixe comme il suit la ration d'entretien :

Albuminoïdes . . .	110	gr.	produisant	523	calories
Graisses	70	»	»	681	»
Hydrates de carbone.	422	»	»	1781	»
			Soit au total :	2985	calories

La quantité d'albuminoïdes et de graisses peut être réduite, à la condition d'augmenter celle des hydrates de carbone, par exemple :

Albuminoïdes . . .	78	gr.	produisant	328	calories
Graisses	50	»	»	465	»
Hydrates de carbone.	488	»	»	2007	»
			Soit au total :	2800	calories

Pour un homme adulte, fournissant un travail moyen, Voit est arrivé aux chiffres suivants :

Albuminoïdes . . .	118	gr.	produisant	561	calories
Graisses	56	»	»	544	»
Hydrates de carbone.	500	»	»	2110	»
			Soit au total :	3215	calories

D'après Munk et Ewald, la quantité d'albumine indiquée par Voit est trop considérable, et 100 à 110 grammes sont suffisants.

Enfin, l'homme adulte soumis à un travail pénible doit consommer chaque jour, d'après Gautier :

Albuminoïdes . . .	167 gr.	produisant	691	calories
Graisses	71 »	»	666	»
Hydrates de carbone.	692 »	»	2837	»
		Soit au total :	4194	calories

Tous ces chiffres n'ont naturellement qu'une valeur très relative ; ils ont été calculés d'après des moyennes d'alimentation d'un grand nombre d'individus ; ils ne peuvent servir que de point de repère.

Landouzy et Labbé indiquent dans le tableau suivant le besoin de l'organisme en calories :

	Par kilogramme corporel.
Pour un sujet à existence sédentaire . .	35 calories.
Pour un sujet effectuant un travail musculaire modéré	40 »
Pour un sujet effectuant un travail de force	48 »

Ainsi un homme du poids de 60 kilogrammes, effectuant un travail musculaire modéré, aura besoin de $60 \times 40 = 2400$ calories. On voit que les chiffres ainsi obtenus sont inférieurs à ceux que fournissent les tableaux de Gautier, de Voit, de Munk et Ewald.

Ces tableaux nous montrent que la quantité de calories dégagées par un aliment dans l'organisme est très variable suivant la nature de cet aliment, et cette notion est fondamentale en hygiène alimentaire. On peut admettre avec Atwater que :

1 gr. d'albumine dégage	3 cal. 68
1 gr. de graisse dégage	8 cal. 65
1 gr. d'hydrate de carbone dégage	3 cal. 88

Munk et Ewald (1) donnent des chiffres un peu plus élevés ; d'après eux :

1 gr. d'albumine dégage . . . . . 4 cal. 1
1 gr. de graisse dégage. . . . . 9 cal. 3
1 gr. d'hydrate de carbone dégage . . . . 4 cal. 1

Connaissant le chiffre de calories dont nous avons chaque jour besoin et connaissant, d'autre part, la quantité de calories dégagée par un gramme de substance fondamentale (albuminoïdes, graisse, hydrate de carbone), il ne nous reste plus qu'à rappeler la composition de quelques aliments usuels et leur teneur en ces substances fondamentales, pour avoir en main toutes les données du problème de l'alimentation.

Nous avons réuni dans ce tableau la teneur de nos aliments usuels en albuminoïdes, graisses et hydrates de carbone.

	Albumine Pour 100	Graisse Pour 100	Hydrate de carbone Pour 100
Lait de vache .	4 gr.	3 à 5 gr.	3 gr. 8
Œuf de poulet .	5 gr. 7 à 6 gr. 2	3 gr. 4 à 4 gr.	
Viande de bœuf .	20 gr. 8	1 gr. 5	
Viande de veau .	19 gr. 9	0 gr. 8	
Viande de mouton	17 gr. 1	5 gr. 8	
Jambon fumé .	25 gr.	34 gr. 05	
Volaille . .	22 gr.	1 gr.	
Saumon . .	21 gr. 6	12 gr. 72	
Haricots . .	24 gr. 30	1 gr. 6	49 gr.
Petits pois . .	22 gr. 9	1 gr. 8	52 gr. 4
Lentilles . .	25 gr. 7	1 gr. 9	53 gr. 5
Pommes de terre.	1 gr. 5	0 gr. 2	20 gr.
Riz . . .	7 gr. 5	0 gr. 6	78 gr.
Raisins mûrs .	0 gr. 6		14 gr.
Sucre . . .			99 gr. 5
Gruyère . .	29 gr. 49	29 gr. 75	
Pain . . .	6 gr. 2 à 7 gr. 1	0 gr. 2 à 0 gr. 4	51 gr. 1 à 51,5

Il résulte de la lecture de ce tableau que, parmi les aliments fortement albumineux, il faut citer le gruyère,

(1) Munk et Ewald, *Traité de diététiques*, d'après la 3e édition par Heymans et Masain. Paris, Carré et Naud, 1897.

le jambon fumé, les lentilles, haricots et petits pois, puis la viande de boucherie, tous ces aliments contenant plus de 20 p. 100 d'albumine. Les aliments gras sont le jambon fumé, le gruyère, le saumon. Enfin les aliments les plus riches en hydrates de carbone sont le sucre, le riz, les lentilles, le pain, les haricots, les pommes de terre, les raisins.

De cette constatation, nous pouvons tirer des indications précieuses pour nos régimes alimentaires. En effet, ce serait trop demander que de vouloir calculer avec précision la quantité d'aliments pouvant fournir à l'organisme le chiffre de calories qui lui sont nécessaires ; on ne saurait exiger de pesées minutieuses pour chaque ration de viande ou de légumes. Mais nous avons, tout au moins, à la seule lecture de ce tableau, la notion immédiate que les aliments qui ont nos préférences et qui paraissent le plus souvent sur nos tables ne sont pas toujours ceux qui nous peuvent fournir le maximum pour réparer nos tissus ou entretenir notre chaleur et notre énergie ; alors que d'autres aliments, au contraire, qui pourraient nous être des plus utiles, n'occupent qu'une trop petite place dans nos régimes aussi bien à l'état sain que dans les maladies chroniques.

Landouzy et Labbé, ayant étudié l'alimentation des ouvriers parisiens, ont bien montré qu'elle était « d'ordinaire irrationnelle, qualitativement ou quantitativement insuffisante, relativement dispendieuse et souvent insalubre ». Les travailleurs parisiens mangent trop de viande, pas assez de légumes, de pâtes, de féculents et de sucre ; ils boivent trop de boissons alcooliques. Les ouvrières ne mangent pas assez et font dans leurs menus, une trop large place aux crudités et aux condiments.

Ces mêmes auteurs, examinant successivement les divers types d'aliments usuels, font les remarques suivantes, qui ont une grande importance pratique sur laquelle nous ne saurions trop insister : les soupes ont un premier avan-

tage, de donner une sensation de chaleur et de bien-être qui dispose favorablement pour le reste du repas ; de plus, par les légumes, les légumineuses et le pain qu'elles renferment, elles fournissent à l'organisme beaucoup d'énergie sous une forme facilement assimilable. La viande n'est pas indispensable, c'est un aliment très coûteux, donnant relativement peu de calories ; les travailleurs et les ouvriers ont donc tout intérêt à restreindre leur consommation en viande. Par contre, les légumes secs (lentilles, haricots, pois) sont « des réservoirs considérables d'énergie et de calorique, aussi sains que peu coûteux ». De même les pâtes alimentaires, nouilles, macaronis, semoules, riz. Les gâteaux, biscuits, entremets, qui contiennent du sucre, de la farine, des œufs, du beurre ou de la graisse, ont une valeur alimentaire considérable et ne doivent pas être considérés, ainsi qu'on le fait trop volontiers, comme des friandises. Enfin le sucre est un type d'aliment énergétique et économique. Pour ce qui est des boissons, le vin peut être pris en quantité modérée ; la bière est une boisson-aliment nourrissante et peu alcoolisée. « Boire beaucoup de vin, manger beaucoup de viande sont deux grandes erreurs répandues partout et dans tous les milieux » (Landouzy).

Pour être un peu différente, les fautes contre l'hygiène alimentaire habituellement commises dans la classe aisée ou riche ne sont pas moins nombreuses. La quantité d'aliments est alors généralement trop considérable, et la surcharge alimentaire porte aussi bien sur les albuminoïdes que sur les graisses et les hydrates de carbone. De plus, on mange beaucoup trop de viande ; et Munk et Ewald conseillent de ne pas prendre plus de 75 p. 100 de la ration d'albumine dans la nourriture animale. Cette proportion est très souvent dépassée. Le Parisien mange en moyenne plus de 260 grammes de viande par jour, et ce chiffre peut être doublé pour les citadins riches et inoccupés ; M. Gautier a pu écrire : « Je ne doute pas que

la dégénérescence qu'on a remarquée dans beaucoup de familles aisées ne tienne particulièrement à l'alimentation presque exclusivement carnée. »

La qualité des aliments laisse aussi souvent à désirer, en ce sens qu'on fait abus des épices, des condiments. Il faut aussi signaler l'abus des aliments riches en toxines, tels que gibier, viandes faisandées. Enfin le mode d'ingestion et l'ordonnance des repas sont habituellement assez critiquables.

Il est d'usage, en France, de faire, outre le petit déjeuner du matin, deux grands repas auxquels s'ajoute, surtout pour les femmes et les enfants, un goûter ou collation. Cette distribution des repas est assez rationnelle. Cependant une tendance fâcheuse, surtout à Paris, est de retarder de plus en plus l'heure du dîner. Jadis, le déjeuner avait lieu vers onze heures et le dîner vers six heures. Le dîner tardif est certainement une habitude défectueuse. Souvent aussi le repas du soir est trop copieux. Munk et Ewald conseillent de prendre au repas de midi la moitié de la ration journalière, l'autre moitié étant répartie entre le petit déjeuner du matin et le repas du soir, celui-ci devant être au moins le double de celui-là.

Cette règle n'est pas observée par les commerçants, les industriels, par toutes les personnes très occupées qui font un repas rapide vers le milieu du jour et reportent au soir le repas principal.

Les gens que leurs goûts ou leurs obligations sociales forcent à de fréquents « dîners en ville » se condamnent ainsi à une hygiène déplorable. Le repas a lieu rarement avant huit heures et se termine vers dix heures. Nourriture très azotée, trop riche, trop abondante, séjour prolongé dans une atmosphère surchauffée ; retour le plus souvent en voiture, c'est-à-dire sans avoir fait le moindre exercice.

Beaucoup d'autres facteurs interviennent, qui peuvent contribuer, et dans une mesure importante, à rendre une

alimentation (supposée quantitativement la même) hygiénique ou au contraire défectueuse. Sans parler des falsifications alimentaires, notons seulement combien la préparation des aliments et l'art culinaire ont une grande importance. Des aliments bien cuits, agréablement présentés, sont beaucoup mieux digérés et par suite fournissent le maximum de rendement ; les travaux de Pawlow ont montré le rôle des excitations sensitives, gustatives et autres sur les sécrétions du tube digestif et de ses annexes !

Un repas doit schématiquement se composer d'une substance peptogène, par exemple, bouillon, hors-d'œuvre, ragoût ; d'une substance nutritive et réparative, telle que viande, poissons, œufs, féculents ; enfin d'une substance auxiliaire (légumes verts, salades, fruits) (1). La plupart de ces aliments sont cuits ; en effet, la cuisson offre plusieurs avantages : pour la viande, elle développe son arome et sa saveur ; elle hydrate les légumes, fait éclater les grains d'amidon, les transformant en dextrine et en sucres ; enfin elle aseptise les aliments. La cuisson des viandes nécessite des soins tout spéciaux : elle doit être poussée plus ou moins loin selon l'espèce de viande. En principe, les aliments doivent être pris chauds et les boissons fraîches ; un repas entièrement froid rend difficiles la liquéfaction des gélatines et des graisses et par suite leur bonne digestion.

La quantité de boisson permise à chaque repas est très variable selon les régimes institués pour les maladies chroniques ; nous aurons à revenir sur ce point. Mais pour les individus sains, on est peu d'accord sur l'influence des boissons liquides vis-à-vis des sécrétions digestives et par suite sur la quantité qu'on peut permettre sans inconvénients. On a prétendu que l'eau diminuait le titre acide du suc gastrique ; il n'en est rien, les boissons chaudes ou froides prises modérément provoquent

(1) Laumonier, *Hygiène de l'alimentation.*

et augmentent plutôt qu'elles ne diminuent la sécrétion gastrique.

Il est aussi très utile, pour établir un régime rationnel, de connaître au moins approximativement le poids moyen de quelques portions usuelles et la contenance de certaines mesures domestiques, un verre, une tasse.

Voici quelques renseignements donnés à ce sujet par M. Pascault (1) :

Une côtelette pèse 50 grammes ; un bifteck moyen, 80 à 90 grammes.

Une assiette creuse pleine jusqu'au bord contient 250 à 300 cc.

Un verre à liqueur	25 cc.
Un verre à bordeaux.	50 »
Un grand verre	150 à 200 »
Une tasse à café	100 »
Une tasse à thé	120 »
Une tasse à chocolat.	200 à 250 »
Un bol moyen.	250 à 300 »

Un médecin qui formule une ordonnance de pharmacologie s'attache toujours à prescrire des mesures domestiques : c'est ainsi qu'il n'ordonne point de prendre tel poids d'un médicament, mais une ou deux cuillerées. Il pourrait en être de même pour la formule d'un régime alimentaire. Les chiffres ci-dessus ne sont qu'approximatifs, mais ils rendent service dans la pratique, en fournissant une base pour fixer le taux d'un régime avec une exactitude relative.

II. RÉGIMES ALIMENTAIRES DANS LES MALADIES CHRONIQUES

Toutes ces notions d'hygiène alimentaire, tous ces détails sur nos aliments usuels et leur valeur, vont nous

(1) L. Pascault, *Alimentation et hygiène de l'arthritique*. Paris. 1905.

permettre de mieux apprécier les principaux régimes habituellement prescrits au cours des maladies chroniques. Ces régimes, en effet — exception faite toutefois pour l'obésité — doivent assurer au malade une alimentation suffisante pour réparer ses tissus et entretenir sa chaleur et son énergie ; mais le choix des aliments permis doit d'autre part s'inspirer des indications fournies par le fonctionnement défectueux, soit de la nutrition en général, soit du tube digestif, du foie, des reins, etc.

Il va de soi qu'un régime formulé dans une maladie ne saurait être absolu. C'est plutôt une règle générale soumise à variations dans chaque cas particulier, et que l'âge, l'état social, la constitution, les habitudes mêmes du sujet feront souvent modifier.

Obésité. — Parmi les maladies de la nutrition l'obésité est une de celles dans lesquelles le régime constitue presque toute la thérapeutique; les régimes proposés sont d'ailleurs très nombreux, et nous n'avons pas la prétention de les citer tous. Ils reposent sur les mêmes principes : ne permettre qu'une quantité d'aliments inférieure à la ration d'entretien : réduire plus ou moins la quantité des boissons.

Régime de Dancel : C'est un régime sec, avec rationnement des boissons et nourriture constituée par des aliments peu hydratés.

Régime d'Harvey-Banting : Il consiste dans la diminution des graisses et des hydrates de carbone. Les albuminoïdes sont donnés en grande quantité ; l'obèse peut boire 1 litre à 1 litre et demi de liquides.

Régime d'Ebstein : C'est un régime riche en graisses, avec réduction légère des matières albuminoïdes et diminution très considérable des hydrates de carbone (40 gr. au lieu de 400). Lyon (1) fait remarquer que ce régime

(1) Lyon, *Traité élémentaire de clinique thérapeutique.*

est irrationnel, l'ingestion de graisse supprimant l'appétit et créant une dyspepsie difficile à guérir.

Régime d'Oertel : Ce régime est basé sur la réduction des boissons. Voici les menus d'Oertel :

Le matin : 150 grammes de thé ou de café au lait ; 75 grammes de pain.

A midi : 110 à 120 grammes de viande rôtie ou bouillie ; poissons maigres, salade et légumes ; quelquefois des farineux (50 à 100 gr.) ; 100 à 200 grammes de fruits ; 25 grammes de pain. Pas de boissons ; exceptionnellement 15 à 25 centilitres de vin léger.

Au goûter : une tasse de café ou de thé.

Le soir : un ou deux œufs à la coque, 150 grammes de viande, 25 grammes de pain, fromage ou fruits, 15 à 25 centilitres de vin coupé.

A ce régime, très sévère et difficilement suivi par les malades, Oertel ajoute la cure de terrain et les exercices gradués, tels qu'il les a conseillés pour les cardiaques.

Régime de Schweninger : Il est encore plus sévère et ne peut guère être suivi que dans un établissement spécial. L'obèse y fait cinq repas par jour, mais très peu abondants, et desquels sont bannis le pain, la graisse, le sucre, le lait, le vin et la bière. Le régime est complété par des massages et des bains chauds.

Régime d'Albert Robin : Albert Robin interdit les farineux, les graisses, les sucres, et diminue beaucoup la ration du pain.

A 8 heures du matin : 1 œuf à la coque, 20 grammes de viande maigre ou de poisson, 10 grammes de pain, une tasse de thé sans sucre.

A 10 heures du matin : 2 œufs à la coque, 5 grammes de pain, 150 centimètres cubes d'eau et de vin, ou de thé sans sucre.

A midi : viande froide à volonté, salade au cresson, 50 grammes de pain au plus, fruits crus, un verre d'eau rougie, une tasse de thé.

A 4 heures du soir : thé léger sans sucre.

A 7 heures du soir : 1 œuf à la coque, 100 grammes de viande maigre ou de poisson, 10 grammes de pain, une tasse de thé.

En recherchant le rapport d'azote de l'urée à l'azote total des urines, Albert Robin distingue les obèses à nutrition exagérée avec assimilation trop active et les obèses à assimilation insuffisante ; aux premiers, il restreint la quantité de liquide permise, tandis qu'aux seconds il conseille d'absorber une grande quantité de liquide.

Tous ces régimes prescrits aux obèses doivent être naturellement modifiés selon les indications fournies par l'examen complet du malade. Il serait même possible, d'après G. Leven (1), de faire maigrir un obèse tout en le laissant manger à sa faim, boire à sa soif et sans lui imposer aucun surmenage physique ; d'après Leven, l'obésité survient quand le système nerveux régulateur du poids est troublé dans son fonctionnement et n'est plus apte à maintenir la fixité du corps. La cause la plus fréquente de ces troubles dans le mécanisme régulateur du poids est la dyspepsie ; et la première chose à faire, en présence d'un obèse, est de soigner cette dyspepsie.

Goutte. — Le régime alimentaire joue un grand rôle dans le traitement de la goutte, et « le goutteux qui se médicamente, sans s'astreindre aux prescriptions relatives à l'alimentation et à l'hygiène générale, ne peut retirer aucun bénéfice de son traitement » (Lyon). Mais, comme le fait remarquer très judicieusement M. Oettinger (2), on ne saurait préciser d'une façon exacte quels sont les aliments permis et défendus aux goutteux ; on ne peut que poser des règles générales, car tous les goutteux ne se ressemblent pas entre eux, et ce qui réussit chez l'un peut chez un autre provoquer une attaque de goutte.

(1) Gabriel Leven, *L'Obésité et son traitement.*

(2) Oettinger, *Thérapeutique du rhumatisme et de la goutte.* Paris, 1896.

Cette réserve faite, on peut citer parmi les aliments permis aux goutteux : les viandes rouges ou blanches, bien cuites, rôties, grillées ou bouillies ; certains poissons (morue, sole, merlan), les œufs, le lait ; la plupart des légumes verts (chicorée, laitues, artichauts, choux-fleurs), les carottes et pommes de terre ; les féculents et les pâtes (en quantité modérée) ; les fruits, de préférence cuits ; comme boissons permises : le vin blanc léger, le café en infusion très légère.

Les aliments à éviter sont : le gibier, la charcuterie (sauf le jambon), les poissons gras, les crustacés et coquillages, les condiments (champignons, truffes) ; les légumes riches en acide oxalique (asperges, oseille, épinards, tomate, cresson), les céleris et les navets (qui irritent le rein), les fromages fermentés et les sucreries. Parmi les boissons, les bières, et surtout les bières fortes anglaises, sont considérées comme les plus nuisibles aux goutteux ; les vins mousseux, le bourgogne doivent être absolument proscrits. « Le bourgogne renferme la goutte dans chaque verre » (Scudamore). Pour le cidre, quelques-uns le considèrent comme une boisson utile dans la goutte, tandis que Lécorché en interdit absolument l'usage.

D'une façon générale, le goutteux mange trop, et il faudra lui conseiller « une certaine modération dans le boire et le manger » (Sydenham).

Rhumatisme chronique. — De l'hygiène alimentaire des goutteux se rapproche dans beaucoup de cas celle du rhumatisant chronique. Les diverses formes de rhumatisme chronique, en raison de leur étiologie et de leur pathogénie, comportent cependant certaines indications particulières.

Le rhumatisme progressif et déformant demande une alimentation substantielle et réconfortante. Il en est de même des rhumatismes d'infection, quels qu'ils soient; ce sont toujours des malades déprimés venant de subir une

infection plus ou moins grave et chez lesquels la nécessité d'une alimentation tonique est évidente.

Dans le rhumatisme dyscrasique ou goutteux, qui est sous la dépendance d'une intoxication avec uricémie, on devra conseiller le régime habituel des arthritiques. Beaucoup de ces malades mangent trop ; ils auront donc à restreindre leur alimentation. Le régime est un régime mixte, mais avec une grande réserve dans la part faite aux aliments azotés et aux boissons alcooliques. La plupart des viandes sont permises, à la condition d'être prises en quantité très modérée ; on conseillait autrefois les viandes blanches ; actuellement on permet aussi les viandes rouges. Toutes ces viandes doivent être tendres, fraîches et bien cuites ; il faut interdire le gibier, la charcuterie (sauf le jambon), les viandes trop grasses et les viandes jeunes. Parmi les poissons, il faut choisir les poissons à chair blanche et maigre tels que la sole et le merlan, éviter les poissons gras (comme le saumon, la morue), les crustacés et les mollusques.

Les œufs et le lait peuvent entrer dans l'alimentation, mais sans en faire abus. Les légumes verts sont pour la plupart un bon aliment pour l'arthritique, tout en faisant des réserves pour l'oseille, les asperges et les épinards. Les pommes de terre, les nouilles, le macaroni sont à recommander. Le pain sera bien cuit et devra être bien mastiqué. Les fruits sont autorisés, mais de préférence cuits. Pas de condiments, sauf le citron, qui est très recommandé par les médecins anglais contre la diathèse urique.

Comme boisson, la meilleure est l'eau pure ou une eau minérale légère. On peut cependant permettre un peu de vin blanc (bordeaux de préférence) ou de bière faible, mais pas de bourgogne, ni de champagne, et, à plus forte raison, jamais d'alcool ; à la fin du repas, on permettra une petite tasse de café ou de thé. En somme, régime très surveillé comme quantité et qualité, et qui doit naturelle-

ment devenir encore plus sévère s'il survient des symptômes de néphrite.

Diabète. — Le principe fondamental du régime des diabétiques est de restreindre autant que possible l'ingestion des aliments sucrés et des substances qui se transforment facilement en glucose dans l'organisme, c'est-à-dire des hydrates de carbone. Il faudra donc, pour remédier à cette suppression des hydrates de carbone, élever le taux des albuminoïdes et des graisses ingérées.

La diète carnée (ou régime de Coutain) est complètement abandonnée ; de même la diète lactée proposée par Donkin. Le régime habituellement prescrit est le régime mixte de Bouchardat, plus ou moins modifié. Aliments permis : les potages gras, le bouillon aux œufs ; les aliments gras (beurre, thon et sardine à l'huile, gras de jambon, rillettes) ; toutes les viandes ; les œufs ; les crustacés et mollusques (sauf les huîtres) ; les poissons ; la plupart des légumes (épinards, haricots verts, artichauts) ; les fromages, les noix, les amandes. Comme boisson : l'eau, le vin, le thé, le café. Aliments défendus : les potages aux pâtes ; l'oseille, les asperges, les tomates, les carottes, tous les aliments féculents (riz, lentilles, haricots, pommes de terre...) ; les pâtes alimentaires, les sauces à la farine, les fruits sucrés et les pâtisseries.

La question la plus difficile à résoudre est celle du pain. En effet, le pain contient 50 p. 100 d'hydrates de carbone ; son usage doit donc théoriquement être absolument proscrit. On le remplace, depuis les travaux de Bouchardat, par le pain de gluten ; mais cette préférence pour le pain de gluten ne semble pas très justifiée, d'après Lyon, car, si certains pains de gluten ne contiennent que 20 p. 100 d'amidon, d'autres en contiennent jusqu'à 60 p. 100. On a conseillé plus récemment le pain de soya, légumineuse du Japon qui ne renferme que 6 p. 100 d'hydrates de carbone ; mais ce pain a une saveur désagréable. Ebstein recommande le pain d'aleurone, fait avec une

albumine végétale, surtout abondante dans les graines oléagineuses et extraite ordinairement de l'amande des noix ou des noisettes ; l'aleurone ne renferme que 7 p. 100 d'hydrates de carbone.

Beaucoup de médecins permettent au diabétique une petite quantité de pain, la suppression absolue étant très pénible ; ainsi Dujardin-Beaumetz donnait 30 à 40 grammes de pain à chaque repas ; il faut autoriser de préférence la mie de pain, qui contient moins d'amidon que la croûte, et de plus les malades auront moins de tendance à dépasser la dose permise, la mie étant peu appétissante (Lyon).

Enfin, d'autres médecins remplacent le pain par une petite quantité de pommes de terre.

Eczéma. — De l'arthritisme et des maladies de la nutrition dépend dans beaucoup de cas l'eczéma. « Quelque peu connues qu'elles soient dans leur essence, les altérations humorales des eczémateux peuvent être comparées aux altérations chimiques du sang et des humeurs qu'on observe dans le diabète, dans la goutte et dans l'urémie » (Gaucher).

M. Petit, qui a étudié par l'examen des urines, le bilan de la nutrition chez les eczémateux soignés par lui à Saint-Gervais, en a tiré les conclusions suivantes pour le régime de ces malades :

« L'eczémateux mange trop ; il absorbe trop d'aliments azotés et néglige au contraire les végétaux riches en sels et indispensables à la dialyse de son urée.

» Boire de l'eau ou du lait, ne manger que des œufs, des légumes et des fruits : telle doit être la règle diététique de l'eczémateux » (1).

Ajoutons que l'uroséméiologie fournit de précieuses indications non seulement pour établir un régime, mais pour le modifier et l'adapter à l'état du malade.

Dyspepsie. — Il est difficile de donner schématique-

(1) Clément Petit, *Uroséméiologie des eczémateux*, Lyon, 1906.

ment le régime alimentaire des dyspepsies, celles-ci étant très variées par leur étiologie, leurs symptômes et le traitement devant naturellement être plus ou moins sévère selon les cas. Voici toutefois le régime de la dyspepsie dite par G. Sée nervo-motrice et, par M. Mathieu (1), sensitivo-motrice.

Les aliments doivent être aussi nutritifs que possible sous un petit volume; ils seront donc débarrassés des fibres végétales, des noyaux, des pépins de fruits, qui constituent des résidus indigestes et irritants. Les aliments azotés doivent être finement divisés ; les végétaux bien divisés et bien cuits.

Les divers régimes des dyspeptiques ne sauraient être présentés ni même résumés ici. La question a été mise au point dans un ouvrage récent (Soupault, *Traité des maladies de l'Estomac*, Paris, 1906).

Entérite. — L'entéro-colite muco-membraneuse a pris, en ces dernières années, la première place dans la pathologie intestinale et son régime a été étudié surtout en France par les médecins de Chatelguyon et de Plombières, en Suisse par M. Combe (de Lausanne).

Nous citerons la carte de régime établie par les médecins de Chatelguyon et que la majorité d'entre eux prescrivent pendant la saison thermale. C'est un régime qui rend de grands services dans le traitement de l'entéro-colite. Il est un peu long pour être reproduit en entier.

Régime de Combe : M. Combe a étudié avec le plus grand soin le traitement de l'entérite muco-membraneuse (2). Le principe fondamental doit être de distinguer parmi les aliments ceux qui favorisent la vitalité des microbes intestinaux et ceux qui leur sont nuisibles ; les premiers sont les aliments putrescibles et les seconds les

(1) Mathieu, art. *Maladies de l'estomac* du *Traité de médecine*. Bouchard et Brissaud, t. IV.

(2) Combe, *Traitement de l'entérite muco-membraneuse*, un vol., Paris, J.-B. Baillière.

aliments antiputrides. On diminuera naturellement, dans la mesure du possible, l'ingestion d'aliments putrescibles, tandis qu'on augmentera celle des aliments antiputrides.

Les aliments putrescibles sont les aliments azotés, viandes et œufs, les graisses, le beurre et la crème.

L'alimentation antiputride est constituée par le régime lacto-farineux (lait, farines de céréales, riz, pâtes alimentaires).

Un autre principe important du régime de M. Combe est de ne pas boire en mangeant, le repas sec diminuant notablement la putréfaction intestinale azotée ; enfin il faut diviser la nourriture en plusieurs petits repas, alternant un repas liquide et un repas solide.

M. Combe utilise toute une série de régimes, les plus sévères convenant au traitement de l'entérite aiguë ou des poussées fébriles survenant au cours de l'entérite, les autres pouvant être institués progressivement dans la suite. Ce sont le régime des potages, le régime farineux sans viande, le régime farineux avec viande, le régime lacto-farineux avec légumineuses, le régime complet.

Lithiase biliaire. — Les indications que doit remplir le régime alimentaire dans la lithiase biliaire ont été étudiées dans un article récent par M. Dufourt (de Vichy) (1).

Le régime doit remplir quatre conditions : éviter ou atténuer l'infection des voies biliaires, maintenir la composition normale de la bile, provoquer une sécrétion abondante de cette bile et obtenir une excrétion biliaire aussi constante que possible.

Pour éviter ou atténuer l'infection des voies biliaires, il faut donner au malade les aliments qui réduisent au minimum les putréfactions intestinales, c'est-à-dire le lait (Gilbert et Dominici), les farineux et les pâtes alimentaires (Hoppe-Seyler, Combe) ; les œufs sont inférieurs au

(1) E. Dufourt, *Les indications que doit remplir le régime alimentaire dans la lithiase biliaire* (PRESSE MÉDICALE, 17 mars 1906).

lait et aux farineux, en restant toutefois supérieurs à la viande, celle-ci favorisant au plus haut degré les fermentations intestinales.

Maintenir la composition normale de la bile par une alimentation rationnelle est plus difficile. Ainsi, on a coutume de défendre aux lithiasiques la cervelle, les œufs et le sang (par exemple le boudin), sous prétexte que ces aliments sont trop riches en cholestérine ; il semble que la quantité de cholestérine ingérée est sans influence sur la composition chimique de la bile.

Pour provoquer une sécrétion abondante de bile, les meilleurs aliments sont les albuminoïdes, et en particulier les viandes, puis les graisses et enfin, mais très inférieurs à la viande, les hydrates de carbone. Il ne faudra pas oublier toutefois que la viande ne doit être permise qu'avec une certaine réserve, puisqu'elle donne trop de fermentations intestinales, et que la graisse est souvent mal digérée.

Enfin, pour obtenir une excrétion biliaire aussi constante que possible, il faut se rappeler que l'écoulement biliaire se produit seulement quand le chyme passe au pylore. Ainsi donc, entre la fin d'une digestion gastrique et le repas suivant, les voies biliaires forment comme une cavité close dans laquelle la précipitation des pigments, de la chaux et de la cholestérine se fait plus facilement. Pour rendre l'excrétion biliaire aussi fréquente que possible, il suffit de prescrire au malade des repas plus fréquents que d'habitude. Dufourt conseille, en plus des trois repas habituels, une collation vers 4 heures et un repas le soir avant le coucher.

De ces principes directeurs du régime alimentaire on peut tirer pratiquement les indications que voici : éviter une alimentation surabondante, la plupart des lithiasiques étant des arthritiques ; permettre la viande (en faible quantité) ; le poisson frais et maigre ; les œufs ; les graisses (crème du lait, beurre frais, jaune d'œuf) ; les

légumes herbacés en grande quantité ; les fromages frais. Réduire la quantité des hydrates de carbone, tout en permettant quelques farineux. Défendre le vinaigre, les épices, la moutarde, les liqueurs et boissons alcooliques.

Faire des repas fréquents et légers (cinq repas par jour).

Lithiase rénale. — Du régime alimentaire de la lithiase rénale, nous aurons peu de choses à dire, puisque l'uricémie est un lien pathologique qui relie la gravelle à la goutte, et que nous avons déjà indiqué le régime des goutteux. Rappelons seulement qu'il faut proscrire les aliments trop riches en azote (viandes noires et fumées, gibier), les condiments, les légumes qui contiennent beaucoup d'acide oxalique (oseille, haricots verts, tomates, asperges) ; les boissons défendues sont les boissons fortement alcoolisées, gazeuses, sucrées. Aliments permis : œufs, poissons légers, viandes blanches, légumes verts cuits (1).

Albuminurie. — Le régime alimentaire des albuminuriques est un peu différent selon qu'il s'agit d'une albuminurie fonctionnelle sans lésion rénale ou d'une albuminurie liée à une néphrite chronique.

Dans l'albuminurie orthostatique, il est inutile de prescrire un régime rigoureux ; ainsi le régime lacté n'a aucune influence heureuse sur le taux de l'albumine ; il suffit d'exclure de l'alimentation les mets épicés, le gibier, les crustacés, le vin pur et les liqueurs (Lyon).

L'albuminurie d'origine digestive, qui s'observe surtout chez les dyspeptiques à estomac dilaté, réclame le traitement de la dyspepsie plutôt que le régime des albuminuriques.

Dans l'albuminurie prétuberculeuse, Teissier recommande une alimentation substantielle (viandes, graisses, beurre, conserves de sardines).

(1) Enriquez, art. *Lithiase rénale* du *Manuel de médecine.* Debove et Achard, t. VI.

Lorsque l'albuminurie dépend d'une lésion chronique du rein, néphrite parenchymateuse ou interstitielle, le régime permis doit être plus ou moins sévère selon que les signes d'insuffisance rénale sont plus ou moins marqués ; il existe toute une série de régimes partant du régime lacté absolu, lacto-végétarien, jusqu'au régime mixte assez varié. Nous citerons à titre d'exemple la carte de régime établie par les médecins de Saint-Nectaire, qui fournit un bon type du régime mixte des albuminuriques.

La question du régime des brightiques est d'ailleurs à l'étude, et ce régime a été pour ainsi dire revisé depuis les travaux récents sur le rôle de la rétention chlorurée dans certains accidents brightiques. M. Widal a montré l'importance du régime déchloruré chez les brightiques œdémateux ; et il a exposé récemment au Congrès de Liége la pratique de la cure de déchloruration (1).

Les aliments qui peuvent entrer dans le menu d'un brightique à déchlorurer sont : le pain sans sel (qui contient 0 gr. 70 de chlorure par kilogramme), la viande (1 gramme de chlorure par kilogramme) et de préférence le bœuf, le mouton et le poulet ; les poissons d'eau douce, les œufs et le beurre frais, le riz, les pommes de terre, les petits pois, les salades. La gelée, dite glace de viande, préparée sans sel, peut servir à donner du goût aux sauces et aux légumes. On peut encore utiliser à cet effet l'estragon, le thym, le persil. Comme desserts : sucreries et pâtisseries sans sel, fruits en compote. Les boissons seront les eaux minérales, la bière et le vin (en petite quantité). Le lait, qui doit avant tout ses qualités à sa pauvreté en sel, est un aliment utile à faire entrer dans le régime ; mais il n'est cependant pas un aliment inoffensif que l'on peut donner sans compter au brightique, puisqu'il contient environ 1 gramme 50 de chlorures par litre.

(1) Widal, *Le régime déchloruré* (VIIIe Congrès français de médecine, Liége, septembre 1905).

La ration moyenne du régime déchloruré est : pain déchloruré, 200 grammes ; viande, 200 grammes ; légumes, 250 grammes ; beurre, 50 grammes ; sucre, 40 grammes ; eau, 1 litre 50 ; vin, 30 centilitres ; café, 30 centilitres. Ce régime donne environ 1500 calories et renferme 60 gr. d'albuminoïdes, ce qui est suffisant pour un malade au repos. Cette ration peut être augmentée chez les malades qui reprennent la vie active après la disparition des œdèmes et des accidents qui étaient la conséquence de ces œdèmes. Le régime déchloruré est aujourd'hui très fréquemment employé non seulement chez les brightiques, mais encore chez les cardiaques (Vaquez) et chez tous les malades ayant des œdèmes, il rend dans ces cas de grands services. — Une seule réserve est à faire chez les brightiques, c'est que, dans le choix des aliments pouvant entrer dans la composition du menu, il faut tenir compte sans doute de la teneur en sel, mais éviter cependant les viandes en trop grande quantité, les viandes faisandées... Car ces aliments contiennent des poisons dont l'élimination insuffisante par le rein est toujours à craindre.

Cardiaques. — Le traitement hygiénique des cardiaques relève d'indications diverses. Le régime alimentaire se rapproche souvent du régime des albuminuriques. Les considérations que nous venons d'émettre à propos de la déchloruration peuvent aussi bien s'appliquer aux cardiaques qu'aux albuminuriques.

III. LA PRATIQUE DES RÉGIMES ALIMENTAIRES

Tous ces régimes alimentaires sont plus ou moins bien suivis par le malade chez lui ; parmi les malades, il en est beaucoup chez lesquels le désir de faire bonne chère l'emporte, au moins de temps en temps, sur le bon soin de la santé. De plus, la sévérité du régime souffre des dîners en ville ou des dîners offerts par le malade à sa table, et

ces occasions, très fréquentes dans la classe riche, rendent par cela même le traitement par l'hygiène alimentaire parfois un peu illusoire, ou tout au moins l'empêchent de donner tous les résultats qu'on pourrait en espérer.

On comprend, dans ces conditions, le succès obtenu par certaines *maisons de santé*, où le malade va pendant quelques semaines s'isoler du monde extérieur et ne vivre que dans le souci d'améliorer son état. Ici, plus de tentations de désobéir aux prescriptions du médecin, plus de dîners fins ; le menu est chaque jour minutieusement réglé et une discipline absolue préside aux moindres détails de la table. C'est surtout pour le traitement des maladies du tube digestif que la vogue de ces maisons de santé est grande. Les maisons de santé pour régimes sont assez nombreuses. Les premières ont été fondées à l'étranger, mais on commence à en établir en France, et sans nul doute elles sont appelées au succès. Citons, parmi les établissements les plus connus, la maison dirigée à Francfort par le Docteur Von Noorden, celle du Docteur Widmer à Territet, la maison fondée à Neuilly par le Docteur Cautru, et celle établie plus récemment à Saint-Gervais par le Docteur Petit.

Le principe de ces établissements est sensiblement le même ; ils se distinguent par des détails de pratique qui répondent moins à des différences de théorie qu'à des dissemblances d'habitudes et de tempéraments nationaux.

Les maisons de santé rendent des services évidents au malade dont le traitement exige, sous un contrôle médical journalier, un régime spécial, de la tranquillité, le séjour en plein air et l'emploi des agents thérapeutiques physiques.

La méthode consistant à observer séparément chaque malade permet d'établir un régime propre à chacun. Donc, pas de régime absolu, invariable. Les malades s'habituent à comprendre la composition des régimes ; ils en sentent le bénéfice ; ainsi, tout en étant soignés, ils font une sorte

d'éducation pour l'avenir et sauront continuer l'hygiène alimentaire quand ils seront rentrés chez eux.

La présence d'un médecin qui contrôle journellement l'état du malade, modifie le régime au gré des besoins permet d'obtenir des résultats d'autant plus complets qu'on a sous la main tous les traitements par les agents physiques.

Les avantages de la maison de santé peuvent se résumer ainsi : facilité d'établir et de suivre exactement le régime qui convient à chacun ; utile entraînement du malade pour l'avenir.

Les régimes dans les stations hydro-minérales. — Une des questions les plus importantes soulevées par ces régimes alimentaires est celle de la bonne observance du régime pendant les séjours que font les malades dans les stations hydro-minérales. Et cette question se pose à chaque instant dans la pratique journalière, la plupart des stations d'eaux minérales françaises et étrangères recrutant leur clientèle parmi les malades atteints de troubles de la nutrition, d'affections chroniques du tube digestif, du foie ou des reins, parmi ces malades dont nous avons étudié les régimes dans le chapitre précédent.

Il est bien évident que le succès de la cure sera fortement compromis si le malade, tout en suivant le traitement, soit interne, soit externe (eau en boisson, bains, douches, etc.), si ce malade ne peut, pendant cette période de cure, continuer à observer les règles d'hygiène diététique antérieurement prescrites par son médecin habituel ou celles que le médecin consultant de la station aura jugé utile de formuler.

Et ce qui complique la situation, c'est que le malade se trouve dans la plupart des cas vivre à l'hôtel et que, par conséquent, il devient nécessaire, pour assurer au malade un régime convenable, de pouvoir compter sur l'hôtelier. Voici donc une nouvelle bonne volonté que le médecin doit pour ainsi dire gagner à sa cause. Il était souvent

assez difficile de faire suivre un régime par un malade vivant chez lui et ordonnant librement le menu quotidien ; il deviendra plus difficile encore d'arriver à ce résultat dans les stations hydro-minérales, si les médecins ne s'assurent du concours des hôteliers.

Indications précises formulées par la médecine, discipline du malade à suivre ces indications, concours de l'hôtelier pour faciliter l'observance du régime, ces trois conditions doivent se trouver remplies et réglées par un accord commun pour arriver à un résultat.

Nous n'avons rien à dire ici du médecin et des malades, mais il nous reste à voir comment, dans un hôtel, on peut arriver à rendre facile l'exécution des prescriptions médicales en ce qui concerne l'hygiène alimentaire. Nous avons pu nous procurer quelques renseignements sur ce qui se fait, à ce sujet, en Allemagne et en France.

Nous saisirons cette occasion pour remercier nos confrères qui ont eu l'obligeance de nous aider de leur avis et de nous fournir des documents pour cette étude. Chez tous, nous avons trouvé cette opinion que, malgré quelques difficultés de pratique, une attention plus grande peut être apportée à l'hygiène alimentaire dans les villes d'eaux, et que l'avenir et la prospérité des stations en dépendent.

Carlsbad. — A Carlsbad, l'ensemble des pratiques qui constituent le régime est le produit d'une longue expérience. Le régime a été créé par la tradition et modifié peu à peu par les progrès de la science. Il n'existe pas à proprement parler de régime de Carlsbad, mais les médecins indiquent à chaque malade un régime approprié et variable. Les ordonnances du médecin comportent le taux à manger, c'est-à-dire la quantité autant que la qualité des aliments.

Carlsbad reçoit des dyspeptiques, des hépatiques, des arthritiques, pour ne citer que les principales indications.

Une hygiène municipale bien comprise, une bonne

volonté absolue des hôteliers qui aident le médecin et font en sorte que le malade trouve toujours les aliments dont il a besoin ; des habitudes locales qui incitent à se lever tôt et à se coucher tôt : telles sont les causes principales qui permettent à Carlsbad d'éviter le surmenage et de faire une bonne cure sans pourtant s'astreindre à un régime trop rigoureux.

Il existe une surveillance administrative des restaurants, des boucheries et du lait. L'inspection des viandes est faite par un vétérinaire très instruit et très bien rétribué. Pour le lait, un service spécial est chargé de la surveillance et en fait des analyses fréquentes. Dans les hôtels et restaurants, le malade mange le plus habituellement à la carte, faisant lui-même son menu et dans un coin de la carte sont indiqués les aliments pour diabétiques et les aliments convenant aux dyspeptiques. Les jambons de Prague (préparés au salpêtre) et la bière de Pilsen sont donnés assez librement. En général, les hôteliers veillent à ce que la cuisine soit peu épicée, légère ; et certains aliments ne figurent jamais sur les menus. On ne mange jamais de crudités, mais on mange beaucoup de crème, de fruits en compote. Dans ces conditions, le malade trouve toujours sur la carte les aliments qui lui ont été conseillés par le médecin, et il peut toujours faire le repas de cure.

Marienbad. — A Marienbad, on soigne la goutte, le diabète, l'arthritisme, mais surtout l'obésité. Depuis cinq ans, il n'y a plus de table d'hôte ; les repas sont servis par petites tables et le malade mange à la carte. Sur le menu est une liste des aliments défendus ou suspects. En général, les hôtels ne servent pas d'aliments trop mauvais pour la cure ; il y a un accord tacite des hôteliers pour favoriser le régime. Une particularité intéressante des hôtels de Marienbad est que les portions sont d'un volume connu, par exemple, la portion de viande étant de 100 à 150 grammes.

Il existait autrefois un régime dit de Marienbad presque exclusivement carné ; on y a renoncé, le régime s'atténue, s'humanise pour s'adapter à chaque cas. On fait surtout un régime de circonstance, de sous-nutrition, c'est-à-dire qu'on cherche à donner, mais progressivement, 1000 à 1500 calories en moins de la ration d'entretien. On ajoute aux repas de la salade, des légumes verts, bref des aliments qui satisfont le besoin du malade sans trop l'alimenter.

Comme à Carlsbad, l'hygiène municipale, l'inspection des viandes et du lait sont bien organisées.

Wiesbaden. — A Wiesbaden, dont le rhumatisme et la goutte constituent les principales indications, il n'existe pas dans les hôtels de cuisine spéciale pour la cure. Les malades doivent veiller eux-mêmes à composer leur menu d'après les ordonnances médicales. Cela leur est aisé d'ailleurs, car la plupart des hôtels s'arrangent pour éviter les condiments et fournir aux pensionnaires les mets qui leur sont conseillés. Les menus comportent en outre un grand choix de plats de légumes, si bien que les malades ont la faculté de suivre un régime sinon végétarien, au moins de manger fort peu de viande.

Neuenhar. — A Neuenhar, on sert dans chaque hôtel un repas spécial composé suivant les indications médicales.

Kreuznach. — A Kreuznach, les règles diététiques sont observées d'une façon assez variable, quoique les médecins attachent grande importance à l'hygiène alimentaire. Les repas sont pris soit à de grandes tables d'hôte, soit à de petites tables ; mais il y a aussi des pensions et des restaurants où l'on suit un régime rigoureux.

Ems. — A Ems, les règles diététiques suivies d'habitude sont des plus larges. Il n'y a pas à proprement parler de régime particulier. Le plus souvent, les médecins conseillent de s'abstenir d'aliments trop gras, de crudités. C'est aux malades de se conformer à ces conseils en faisant leur choix dans le menu de leur hôtel. Dans les

hôtels de premier et deuxième rangs, le service a lieu par petites tables. La cuisine est assez voisine de la cuisine française, en général assez bonne et légère.

Cette grande variété dans la façon d'ordonner et de servir les repas se retrouve du reste dans beaucoup d'autres villes d'eaux allemandes. Mais il faut noter ce fait général, c'est que là même, où par suite de causes diverses la discipline est assez relâchée, les hôtels évitent de servir certains aliments reconnus d'une digestion difficile ou incompatibles avec la cure et cherchent à grouper sur le menu plusieurs des mets qui rentrent dans les prescriptions médicales les plus usuelles.

Vichy. — A Vichy, les régimes alimentaires étaient prescrits de longue date par le corps médical de la station ; mais la mise en pratique du régime n'a été organisée qu'à une date récente. Certains hôtels ont, à chaque repas, trois menus différents : menu de la table d'hôte, menu de la table des dyspeptiques, menu de la table des diabétiques. Le service est fait par petites tables, et les clients au régime payent un léger supplément, en raison de l'augmentation du personnel. Cette organisation a fonctionné à la satisfaction de tous, et sans aucun doute elle sera peu à peu adoptée par de nouveaux hôtels.

Aix-les-Bains. — Les médecins d'Aix-les-Bains se sont entendus pour formuler, pendant la cure thermale un régime, très large du reste, dont voici les principes :

Composition des repas : Composer le menu du déjeuner et du dîner de telle sorte qu'il y ait toujours un plat de viande rôtie ou grillée et un plat de légumes autre que la garniture des viandes.

Aliments interdits : Mets faisandés ou très épicés. Salaisons, charcuterie, sauf le jambon, écrevisses, homards, coquillages. Poissons salés, fumés, de conserve. Champignons, truffes, oseille, rhubarbe, cacao. Fromages forts.

Aliments permis à dose modérée : Gibier noir. Poisson de mer. Cervelle, ris de veau, tête de veau. Canard,

pigeon. Asperges, épinards, betteraves. Sucre, pâtisseries, crèmes glacées. Fruits acides, framboises, fraises, groseilles.

Liquides interdits : Bières fortes. Porto. Xérès. Bourgogne. Liqueurs, surtout celles riches en essences.

La plupart des propriétaires d'hôtels s'inspirent de ces règles pour composer leurs menus. Ils donnent d'ailleurs toutes les facilités aux malades quand un régime plus strict est indiqué.

Chatelguyon. — A Chatelguyon, il existe une carte de régime général arrêtée par la société médicale. « Cette carte, dit un médecin de la station, est respectée par les hôteliers avec une réelle bonne volonté. Quand un malade arrive avec un régime prescrit par un médecin traitant, nous ne modifions rien au régime, à moins de contre-indication nécessitée par quelque incident nouveau. Dans ce dernier cas, comme dans le cas où le malade arrive sans régime spécifié, la majorité d'entre nous prescrivent de suivre, *pendant la durée de la saison thermale*, la carte de régime, que nous modifions ou élaguons selon que l'état du malade autorise ou contre-indique certains des mets indiqués. Au total, il y a lieu d'être satisfait médicalement parlant de l'organisation des régimes. »

Plombières. — A Plombières, il n'y a pas de table de régime. Sur les menus de table d'hôtel se trouvent des plats qui rentrent dans les différents régimes.

Chaque médecin donne des indications au malade. Si parfois ce régime est plus sévère que d'ordinaire, le malade obtient aisément de l'hôtelier le ou les plats qui lui sont recommandés.

Saint-Nectaire. — Les hôtels ont une table spéciale de régime ; les malades peuvent encore se faire servir au restaurant, et voici les indications générales auxquelles se conforment les hôteliers sur l'avis du corps médical.

Il est interdit de présenter aux malades de la table de régime d'autres aliments que ceux énumérés ci-dessous.

Les mets constituant le régime ne peuvent être exigés des malades que s'ils prennent leurs repas à la table spéciale du régime ou au restaurant.

On ne présentera à la table de régime que des aliments d'une fraîcheur absolue. Les conserves en seront scrupuleusement exclues.

Il n'entrera dans la préparation des mets ni jus de viande, ni extraits, ni condiments d'aucune sorte, sauf le jus de citron frais.

Il est essentiel que tous les légumes soient cuits à l'eau, c'est-à-dire à l'anglaise et servis accompagnés d'une coquille de beurre frais, à la disposition du malade.

Il est recommandé d'apprêter les mets avec aussi peu de sel que possible.

Les repas seront constitués, en général, de la manière suivante :

Au déjeuner : Deux viandes ou un plat d'œufs et une viande, un légume féculent, un légume vert, entremets-gâteaux secs, pain rassis ou croûte de pain, eau ou lait comme boisson.

Au dîner : Potage maigre, une viande, un légume (frais autant que possible), un entremets au lait, gâteaux secs, pain rassis ou croûte de pain, eau ou lait comme boisson.

Bourbon-Lancy. — A Bourbon-Lancy, bien qu'il n'existe pas à proprement parler de table de régime, les médecins de la station ont obtenu des hôteliers, dont la complaisance et le bon vouloir sont sans bornes, de toujours tenir compte du régime formulé sur l'ordonnance. Pratiquement, dans chaque menu, les malades peuvent trouver le laitage, les viandes blanches, les légumes, les œufs, les fruits prescrits d'ordinaire.

Vittel. — La majorité des médecins de Vittel ont institué un régime convenant d'une manière générale à l'arthritique.

Les aliments ont été divisés en trois catégories, selon

qu'ils doivent être absolument défendus à la majorité des malades fréquentant la station, qu'ils leur sont permis avec modération, ou enfin qu'ils leur sont autorisés sans restriction.

Dans la première catégorie (aliments défendus), figurent les gibiers faisandés et conservés, la charcuterie de conserve, les crustacés en sauces fortes, les potages, entrées et sauces fortement acides et épicées, l'oseille, les fruits acides, les fromages forts, etc. Ces aliments ne doivent jamais être présentés sur la table.

Parmi les mets permis en quantité modérée, se trouvent les viandes rouges et noires, les volailles grasses, la charcuterie fraîche, les ragoûts, le gibier à plumes très frais, les pâtés de viande, les gros poissons de mer, les sauces, certains légumes comme les haricots verts, les choux et choux-fleurs, les asperges, les tomates en garniture.

Peuvent être servis sans restriction, les œufs modérément cuits, les viandes blanches, les volailles, les poissons légers, les salades cuites, les féculents, les pommes de terre, certains légumes verts, comme les artichauts, les carottes, les petits pois, les pâtes alimentaires, les fromages frais, les laitages et les crèmes, les fruits très mûrs (raisins, fraises, pêches, prunes, framboises), les compotes.

Quant à l'organisation matérielle des repas, elle est comprise de la façon suivante : le fonds du menu est composé par les aliments permis à discrétion ; en outre, chaque repas comporte un plat ou plus rarement deux des aliments de la seconde catégorie. Comme un repas de table d'hôte se compose au moins de quatre plats, il est facile à chacun de s'accommoder du menu. Les personnes qui ne font pas de traitement ont toujours un menu suffisamment varié. Pour le malade, c'est au médecin traitant de lui indiquer les aliments permis ou défendus.

Telle est la manière dont le régime a été compris à Vittel, grâce à l'entente du corps médical et des direc-

teurs d'hôtel. Cette organisation donne des résultats satisfaisants.

Nous bornerons là cette énumération, afin de ne point tomber dans des redites.

En effet, cette revue rapide des efforts tentés en France et en Allemagne pour permettre aux malades de suivre un régime pendant leur séjour dans une ville d'eaux nous a suffisamment montré les difficultés que soulève cette organisation et les différents moyens de tourner ces difficultés.

En somme, l'objection capitale à cette organisation est la suivante : dans un hôtel d'une ville d'eaux, séjournent non seulement des malades venus pour se soigner, mais aussi des membres de la famille de ces malades les accompagnant, et des touristes, et des individus très bien portants venus se distraire au moment de la saison. Or à tous ces touristes, à tous ces gens bien portants, il faut donner un menu qui puisse satisfaire leurs appétits et leurs goûts. D'autre part, dans une même station, parmi les malades, il y a très souvent plusieurs catégories et une même station convient parfois à des affections très diverses. Telle ville reçoit des dyspeptiques, des hépatiques, des lithiasiques. Telle autre reçoit des intestinaux, des obèses, etc. Que faire pour donner satisfaction et aux gens bien portants qui veulent trouver à l'hôtel le menu habituel des tables d'hôte, et aux malades qui désirent suivre leur régime ?

Les systèmes proposés pour l'organisation des régimes dans les hôtels peuvent se ramener à trois :

Table d'hôte avec exclusion dans le menu de certains aliments ;

Tables de régime ;

Repas à la carte.

Le premier système, à savoir celui d'une seule table avec un menu presque uniquement composé d'aliments permis aux malades, n'est possible que dans les stations

à spécialisation bien limitée et définie. Il est impraticable dans les stations qui reçoivent des catégories différentes de malades, impraticable aussi dans les grandes stations qui reçoivent une large proportion de visiteurs non baigneurs. Ce système, nous l'avons vu, fonctionne heureusement à Vittel, mais il ne saurait être admis à Vichy ou à Aix. Les touristes ou les étrangers qui font un séjour dans une ville d'eaux pour se distraire ne seront pas satisfaits d'un menu un peu monotone. Certains malades pourront, il est vrai, suivre assez rigoureusement les indications du médecin ; mais, dans les villes d'eaux recevant des malades atteints d'affections diverses, il sera très difficile, voire même impossible, de composer des menus donnant satisfaction aux uns et aux autres.

La table de régime a certains avantages. Il est bien évident que, dans un hôtel organisant, à côté de la table d'hôte, une table de diabétiques et une table de dyspeptiques, chacun des malades pourra facilement trouver à cette table l'alimentation qui lui convient, alors même que figurerait parfois sur le menu un plat faisant partie du régime habituel, mais qui, pour des raisons spéciales, lui est interdit. Cette division des malades et ce service par table de régime ont toutefois l'inconvénient capital de séparer le malade de parents ou d'amis venus avec lui ou rencontrés par lui à l'hôtel. Il est impossible aussi bien de soumettre la famille d'un baigneur au régime de la table spéciale que d'isoler le malade à cette table pendant que sa famille prendra place autour de la table d'hôte.

Le service à la carte nous semble de beaucoup le plus pratique, surtout dans les stations importantes. Il permet au baigneur, quelle que soit sa maladie, de suivre à son gré le régime indiqué, et cela sans s'isoler de ses parents ou de ses amis et sans obliger ces derniers à un régime monotone, dont ils n'ont pas besoin.

Nous ne reviendrons pas sur la nécessité de l'hygiène

alimentaire. Les progrès de l'hygiène font une place toujours plus grande à la médecine prophylactique ; la pharmacologie, en un mot, cède le pas à l'hygiène thérapeutique. Or, en hygiène, les règles diététiques sont certainement les plus importantes ; ceux même qui ne les suivent pas sont convaincus de leur nécessité :

Video meliora proboque, sed deteriora sequor.

Le malade est aujourd'hui averti, et il attend la formule de régime comme partie intégrante de l'ordonnance médicale.

Nous avons montré les difficultés que soulevait, dans les villes d'eaux, l'établissement d'une alimentation rationnelle pour les malades, — des chroniques pourtant qui relèvent surtout du traitement hygiénique, mais ces difficultés ne sont pas insurmontables.

Pour chaque station, la solution peut être aisément trouvée si l'on renonce à un parti pris trop systématique. En effet, chaque station a ses habitudes, dont il faut tenir compte. Ce qui est possible dans une ville recevant une seule espèce de malades est impossible si la station a des indications variées. Enfin les grandes villes d'eaux, centres de villégiatures autant que villes de malades, ne sauraient adopter le système qui convient à de petites stations.

L'imitation trop stricte de l'étranger n'est pas toujours heureuse, car les mœurs sont différentes ; c'est ainsi que la table de régime est vue d'un mauvais œil par beaucoup de gens, car on croit y voir une importation allemande. La substitution des repas pris par petites tables aux repas de table d'hôte nous paraît excellente. Dans bien des cas, elle suffirait à résoudre le problème, mais on ne saurait en faire une règle générale.

Chaque système a du bon et peut rendre service à l'occasion. Le succès dépend beaucoup du médecin et de son

tant : c'est à lui de rechercher les *moyens pratiques* qui conviennent dans chaque station.

Il importe de ne pas faire d'un régime une chose absolue, difficile à réaliser, ou les propriétaires d'hôtels ne voient qu'une source de dépenses et d'ennuis.

Il faut, au contraire, et d'accord avec eux, rechercher comment la table d'un hôtel peut être mise en accord avec l'hygiène sans coûteuse complication dans le service.

En un mot, si les médecins s'habituent à rechercher et à prescrire des régimes pratiques, faciles à exécuter et à suivre, nous croyons que les propriétaires d'hôtels trouveront les moyens pratiques d'exécuter ces régimes et s'arrangeront pour le faire à leur bénéfice et au bénéfice des malades.

Dr Dardel (d'Aix-les-Bains).

LA FORÊT

GAULOISE, FRANQUE ET FRANÇAISE (1)

III

DE LOUIS LE GROS A HENRI IV

Ce n'est pas seulement, nous l'avons vu, sous l'ancienne monarchie, et quand, le domaine de l'État se confondant avec celui du Roi, celui-ci en avait le libre emploi, que l'État — monarchie traditionnelle ou constitutionnelle, monarchie élective, république ou empire — disposait de ses forêts pour en faire de l'argent.

Mais les cessions, justifiées ou non, faites par nos anciens rois à des abbayes, à des corporations, à des chefs militaires et, plus tard, à des seigneurs féodaux ou à de grands officiers de la Couronne, n'étaient point défavorables aux forêts. Tout au contraire, elles contribuaient dans le haut moyen âge, on l'a vu plus haut, à l'extension abusive des masses boisées au détriment de la productivité utile du sol sur beaucoup de points. Ce phénomène se renouvela du reste plusieurs fois par la suite, aux époques de troubles et de guerres ; et nous voyons, dans la seconde moitié du XIVe siècle, les rois Jean le Bon et Charles VI interdire par des édits successifs la création de nouvelles garennes, en vue d'empêcher l'appauvrisse-

(1) Voir la REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1906, p. 30.

ment et la diminution des populations incluses ou voisines et l'accroissement des fauves (1). Ce qui n'empêchait pas le pouvoir central, surtout sous les rois de la troisième race, de veiller avec soin, là où c'était nécessaire, à la conservation du sol forestier, considéré avec raison par eux comme un intérêt national. Les grands vassaux dans leurs seigneuries, et même les communes et les particuliers, secondaient parfois, dans la mesure où ils le pouvaient, les efforts du pouvoir central dans la lutte contre l'appauvrissement et la ruine des massifs boisés.

La France méridionale où, grâce à l'application du droit romain, les libertés locales avaient, mieux qu'ailleurs, résisté à la domination féodale, paraît avoir été la première à se préoccuper de l'intérêt forestier. D'après Charles de Ribbes, au retour des croisades, les populations alpestres entreprirent de reboiser les versants de leurs montagnes et de régler le débit des torrents et des cours d'eau, comme un millier d'années avant eux l'avaient tenté les Romains, comme l'administration publique le réalise aujourd'hui : *nil sub sole novum !* Jusqu'au XVIe siècle, le déboisement des Alpes fut ainsi prévenu. Aussi les grandes inondations qui, à partir de la fin du dit siècle, ont si fréquemment désolé les vallons et les plaines de la Provence étaient-elles jusque-là à peu près inconnues, et les campagnes étaient florissantes. On cite deux délibérations des États convoqués à Aix, en 1429 et en 1437, demandant au Comte de Provence la faculté d'exporter les céréales, vu leur extrême abondance qui en avait avili les prix. Dans les siècles suivants, quand le déboisement eut laissé libre cours à la furie des torrents, au ravinement des pentes et aux brusques descentes des eaux, il n'en alla plus de même. Les populations devinrent clairsemées dans les gorges et les vallons des montagnes dénudées. La Provence à la fin du XVIIIe siècle produisait

(1) Alf. Maury, *op. cit.*

à peine assez de grains pour nourrir ses habitants pendant huit mois de l'année (1).

Dans le nord, bien qu'avec moins de succès, les ducs de Normandie furent les premiers à s'occuper de la protection des forêts. Ils s'ingénièrent, dès le XIe siècle, à réglementer l'exercice des droits d'usage. Ils réunissaient périodiquement des conseils chargés de juger les délits, de percevoir les droits afférents aux usages concédés à titre onéreux, de visiter les forêts et d'aviser à faire le nécessaire pour réprimer les abus. Il fut interdit aux usagers de se servir de leurs propres mains, au moins dans les futaies : la délivrance des bois qui leur revenaient devait leur être faite par l'officier forestier du baillage ou de la seigneurie (2).

Le premier acte royal concernant les forêts qui, depuis les capitulaires, aurait été retrouvé, serait dû, d'après Baudrillart (3), à Louis le Gros et daté de 1115. Il aurait pour objet l'institution de « mesureurs et arpenteurs de terres et bois » qui rappellent les *agrimensores* de Jules César et étaient sans doute chargés comme eux d'une sorte de cadastre. Mais, d'autre part, M. Huffel signale, dès le XIe siècle, pour l'administration des forêts du roi, des *prévôts* ou *maires* à attributions d'ailleurs mal définies, et par la suite, entre 1180 et 1189, soit au commencement du règne de Philippe-Auguste, l'institution de *baillis* nommés par le roi et révocables par lui, chargés de faire respecter les *forestæ*, de surveiller l'exercice des droits d'usage et de participer à la marque des arbres à réserver dans les coupes des forêts du roi (4). Ce prince ne s'en tint pas là. Par l'édit de Gisors, novembre

(1) Ch. de Ribbes, *La Provence au point de vue des bois et des inondations*.

(2) Alf. Maury, *loc. cit.*

(3) *Dictionnaire des Eaux et Forêts*. Discours préliminaire.

(4) De *bailli* dériverait le terme de *baliveau* par lequel on désigne les arbres à réserver, lorsqu'on effectue la coupe des taillis. Cf. G. Huffel, *op. cit.*, t. I, p. 211.

1219, complété plus tard par celui que Louis VIII rendit en décembre 1223 à Montargis, il fut porté règlement administratif concernant les forêts du domaine royal. Il s'y agit, entre autres, des gardes préposés à la surveillance de la forêt de Retz ou de Villers-Cotterêts — démembrement, avec la forêt de Compiègne, comme on l'a vu plus haut, de l'antique et immense *Cotia Sylva* ou forêt Cuise, mais dans une proportion beaucoup plus forte qu'aujourd'hui — et des immunités ou facilités accordées aux marchands de bois qui l'exploitaient. C'est dans ces édits que l'on voit pour la première fois figurer la charge de *Maître des Eaux et Forêts* (1).

A partir du règne de Philippe le Hardi, les ordonnances royales se succèdent à courts intervalles. Celle de ce souverain, en date de 1280, réglait l'exercice des droits d'usage concédés aux taillables et aux censitaires dans les forêts du roi ; elle les obligeait à recevoir par l'intermédiaire des *forestarii* les délivrances qui leur revenaient et prescrivait à ces officiers d'effectuer celles-ci « dans les lieux les plus propres et les plus convenables pour l'aménagement des forêts ». Les attributions de ces agents se trouvaient ainsi déterminées avec quelque netteté, pour la première fois depuis les capitulaires et la *lex emendata*, sorte d'adaptation par Charlemagne à son temps, de la loi des Francs Saliens.

Deux ordonnances de Philippe le Bel, en date d'août 1291 et mars 1302, mentionnent de nouveau les Maîtrises des Eaux et Forêts « établies pour la gestion des bois, rivières et étangs du domaine (2) ». Quelques années plus

(1) Huffel, *op. cit.*, t. I, p. 211.

(2) Cf. Jules Périn, *Traité du domaine public*, Introduction. — Baudrillart, *Recueil chronologique des règlements forestiers*. Pour la première fois, on voit apparaître, au commencement du XIVe siècle, appendu à un acte du 11 novembre 1306, un *sceau* forestier, celui de « Frère Ebbin, Watgrave *(forestarius)* en Flandre ». Ce sceau représente une main brandissant une cognée (Cf. J. Roman, *Les sceaux des forestiers au moyen âge*, dans MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE DES ANTIQUAIRES DE FRANCE).

R. Cabarus, *Origine et Transformations de l'administration forestière*, dans REVUE DES EAUX. ET FORÊTS, 1864. Alf. Maury, *loc. cit.*

tard, de nouvelles ordonnances dues à Philippe le Long (1318) et à Charles le Bel (1326), fixèrent avec plus de précision les attributions des Maîtres des Eaux et Forêts. Ceux-ci eurent sous leurs ordres, à partir de 1552, des agents désignés par les qualifications bizarres de *gruyers* et *sergents dangereux*. Le gruyer était chargé de la *grurie*, c'est-à-dire de la gestion du produit de la forêt appelé anciennement *gru*, sans doute du mot δρῦς qui signifie chêne et, par extension, arbre ou bois. Les attributions du sergent dangereux concernaient l'exercice du droit de *tiers et dangier*. Ce droit consistait dans une sorte de copropriété ou d'impôt que prélevait ou s'attribuait le souverain ou le seigneur, tantôt sur le fond même de la forêt — *grairie* ou *segrairie* (1) — tantôt sur son fruit ou produit — *gru*, *grurie*. Ces droits s'exerçaient au moyen de la perception, par le souverain ou le suzerain, 1° du *tiers* du produit de la vente des coupes de bois, 2° du *dixième* de ce même produit (2).

Cette charge, créée sous Henri II, sera supprimée en 1669 lors de la célèbre ordonnance préparée par Colbert, et sera remplacée par celle de garde général des Eaux et Forêts, réunissant également les attributions de sergent traversier, de maître-garde et de routier (3).

C'est par deux ordonnances de Philippe de Valois, 29 mai 1346, que fut constituée d'une manière générale

(1) *Agraris*, *agrarius*, de *ager*.

(2) *Decimum denarium*, d'où, par abréviation, *dangerium*. Le droit de tiers et danger était surtout exercé en Normandie, et avait été réglementé par Louis X, dans la charte aux Normands confirmée plus tard par François Ier, dont il a été parlé plus haut; elle exceptait les *morts-bois*, dont elle donnait la liste, de l'exercice du droit de tiers et danger.

En Lorraine existait un droit analogue sous le nom de *tiers denier* (cf. Huffel, *loc. cit.*, p. 231).

(3) D'après M. Roman, dans le mémoire cité plus haut, les charges forestières, même les plus humbles, étaient fort recherchées de la noblesse, qui ne dérogeait point en les occupant. Des chambellans du roi étaient maîtres enquêteurs; des écuyers appartenant parfois à de très grandes familles étaient simples gardes. Tout ce qui tenait soit à la vénerie soit à la gestion des forêts était prisé très haut.

en France l'administration forestière. Dès 1318, les Maîtres des Eaux et Forêts avaient été soumis à la direction d'un « Maître-inquisiteur ». Philippe VI le remplaça par un « Réformateur général des Eaux et Forêts du Royaume ». Durant la captivité du roi Jean le Bon, son fils Charles, régent, crée la charge de « Grand-Maître des Eaux et Forêts » et, devenu roi de France après la mort de son père, relève, pour l'adjoindre à ce titre, la qualification de Réformateur général, faisant assister ce haut fonctionnaire par six « Maîtres enquêteurs » (1366). Enfin, par une ordonnance rendue en 1376 et portant *Règlement général des Eaux et Forêts*, Charles V le Sage, voulant remédier à bien des abus, compléta les dispositions édictées par Philippe VI. Le nombre des Maîtrises fut fixé et porté à dix ; les attributions des titulaires en furent nettement déterminées ainsi que leurs gages et émoluments (nous dirions aujourd'hui leur traitement) et leurs vacations (nous dirions aujourd'hui leurs frais de tournées). Les ventes de coupes de bois dans les forêts royales, que l'on voit mentionnées dès 1219 dans l'édit de Gisors, puis, en 1318, dans l'ordonnance de Philippe V, furent l'objet de nouvelles dispositions.

La charge de Grand-Maître ne tarda pas à être répartie entre plusieurs têtes. C'est à la multiplication de ces hautes fonctions que se rattache l'extension de la célèbre juridiction des *Tables de marbre*, bien qu'elle existât à Paris dès le XIIIe siècle (1). C'étaient des sortes de cours d'appel en matière forestière. Les « Maîtres » — plus tard « Maîtres particuliers » — exerçaient une sorte de juridiction de première instance ; ils jugeaient même sans

(1) Elle siégeait dans une salle du Palais de justice où se trouvait une table de marbre. De là son nom, que prirent par la suite les cours ou tribunaux d'appel analogues qui furent constitués vers la fin du XIVe siècle. Cf. Huffel, *loc. cit.*, p. 315. — La *Table de marbre* de Paris, composée de plusieurs pièces, était une curiosité que les voyageurs avaient soin de visiter. Jean de Jandun au XIVe siècle, Gilbert de Metz au XVe siècle en font mention. Elle disparut dans un incendie en 1618 (J. Roman, *loc. cit.*).

appel en matière réputée peu grave, mais c'était aux Tables de marbre qu'était réservée la connaissance des appels dans les affaires plus importantes.

La juridiction spéciale en matière forestière, dit M. Huffel, remonte très haut. Dès le IXe siècle, sous les Carolingiens, elle était exercée par des *maires (majores* ou *villici)* sous la haute autorité du *judex*, lui-même subordonné au comte *(Comes)*. Plus tard, Philippe-Auguste, par l'édit de Gisors mentionné plus haut, reconnut la compétence juridique des *forestarii* en matière forestière dans la vaste forêt de Retz (Villers-Cotterêts) ; l'édit de Montargis, rendu à quatre ans de là par Louis VIII, étendit ces attributions; et l'on voit dès lors les maîtrises constituées en tribunaux connaissant de tous les crimes et délits commis dans les forêts. Une refonte générale de tous les édits et ordonnances antérieurs eut lieu en 1402, sous le règne du malheureux Charles VI, en une ordonnance d'ensemble composée de 76 articles.

Toutes ces mesures prises par nos rois dans la suite des siècles, et par lesquelles se constitua peu à peu l'administration des forêts en France, avaient un but de protection de cette richesse du sol. Elles tendaient aussi à venir en aide aux populations, victimes souvent des prétentions parfois exorbitantes des seigneurs féodaux, d'où résultait l'extension excessive des surfaces boisées, surtout pendant les périodes de guerre. La peste, la famine n'étaient que trop souvent, surtout aux XIe et XIIe siècles, nous l'avons vu, la suite de ces événements, la terre, envahie par les bois, ne subvenant plus suffisamment à la subsistance de l'homme.

D'autres fois se succédaient des périodes de vraie dévastation amenées par les défrichements, par l'extension abusive des droits d'usage, par les besoins croissants de la consommation et des industries naissantes. Puis les guerres, par leurs sanglantes hécatombes d'hommes, créaient, dans bien des contrées, la solitude. Il existe

un grand nombre d'actes du XVe siècle par lesquels il était offert à qui voudrait se fixer dans telle ou telle seigneurie autant de terre arable qu'il en pourrait cultiver, ainsi que tout le bois qui lui serait nécessaire soit pour son chauffage, soit pour la construction et l'entretien des habitations. Ce n'était là du reste que la suite d'une tradition aussi vieille, peut-on dire, que la monarchie elle-même et que l'on a vue déjà s'exercer sous les ducs et comtes de l'ère carolingienne. Cet appel des seigneurs féodaux à la population paraît s'être grandement généralisé du XIIIe au XVIe siècle. Il se forma ainsi des populations d'*hospites nemorum*, et ces hôtes des bois, exploitant sans ordre et surtout sans règle ni limites fixes, allaient parfois jusqu'à défricher le sol des coupes qui leur avaient été concédées et souvent des terrains avoisinants ; et cela ne résultait point d'un mauvais esprit de destruction, mais de l'ignorance des règles d'une exploitation normale et mesurée. C'est encore ce qui se passe aujourd'hui dans les immenses forêts du Nouveau-Monde : États-Unis ou Dominion canadien. Voulait-on apporter quelque restriction à un mode d'exploitation aussi ruineux, c'étaient alors les *hospites* qui se trouvaient ruinés eux-mêmes et ne pouvaient plus vivre : il fallait donc tolérer ce qui ne pouvait être empêché.

Une autre cause de déprédation provenait aussi, il est triste mais nécessaire de le reconnaître, des tolérances intéressées mais coupables, voire des malversations directes perpétrées par les officiers forestiers eux-mêmes.

C'est en vue de mettre un terme à de tels excès que François Ier rendit ses célèbres ordonnances. Par celle de 1515, il rappelait les précédentes, notamment celle de Charles V et aussi celle de 1402, toutes plus ou moins tombées en désuétude, comme en faisaient foi « les pilleries, larcins et abus faicts aux eauës et forests du royaume au grand dégast et destruction d'icelles TANT PAR LES OFFICIERS ROYAUX qu'autres », pour employer le langage

même de l'ordonnance. Une autre suivit en 1518 qui étendait, d'une manière facultative, la législation forestière concernant jusqu'alors les seules forêts royales, aux forêts de tous les sujets du roi, nobles, vassaux ou autres. Enfin deux ordonnances de 1543 et 1545 étendirent à toutes les forêts du royaume, sans distinction du mode de propriété, la compétence des tribunaux forestiers, maîtrises et Tables de Marbre (1). Les forêts privées se trouvaient ainsi placées sous la juridiction du service forestier.

Un édit de Charles IX, en date de septembre 1563, nous apprend indirectement que l'usage avait été jusqu'à lui de couper les taillis à l'âge de six ou sept ans, au moins dans les bois des particuliers, puisqu'il interdit à ceux-ci, sous peine d'amende et de confiscation des bois abattus, de couper leurs taillis avant l'âge de dix ans (2).

Deux ans auparavant, en septembre 1561, il avait prescrit, dans toutes les forêts du domaine et des communes, la réserve du tiers de leur contenance pour laisser le bois croître en haute futaie, proportion qu'il réduisit plus tard au quart, par le *Règlement* d'août 1573 (3). Un édit de la même année ordonnait une sorte d'aménagement des forêts du domaine par suite duquel elles devaient être exploitées en coupes réglées par dixième de la contenance. De plus on devait réserver dans toutes les coupes, aussi bien des

(1) Cf. Baudrillart, *Recueil des règlements forestiers.* — Cabarus, *Origine et Transformations de l'administration forestière.* — Alf. Maury, *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France.* — C'est à partir de l'ordonnance de 1515 que s'établit l'emploi de sceaux généraux de l'administration forestière. Leur ornementation est exclusivement ou principalement empruntée à la production forestière, à la chasse et à la pêche, sauf un sceau de la Réformation du baillage d'Alençon appendu à un acte du 4 mai 1447 ; il représente les écus juxtaposés de France et d'Angleterre. Tous les autres — et M. Roman en reproduit une vingtaine — représentent des attributs d'Eaux et Forêts (Cf. J. Roman, *loc. cit.*).

(2) Baudrillart, *Dictionnaire des Eaux et Forêts*, Introduction.

(3) Ce « quart en réserve », confirmé ultérieurement par les ordonnances de 1597 et de 1669 a, depuis lors, toujours été maintenu dans les forêts communales, au moins dans celles qui sont traitées en taillis simples ou composés. Dans les sapinières, le quart en réserve est quelquefois prélevé, par volume, sur le chiffre de la possibilité ; mais il n'est pas obligatoire.

forêts royales que des autres, le nombre de baliveaux à l'arpent désigné par les édits ou ordonnances antérieurs.

L'état misérable d'un grand nombre de forêts qui avait motivé ces multiples prescriptions, n'était cependant pas universel. La Provence, notamment, où la tradition et la coutume avaient exercé une influence conservatrice, était encore si riche en bois que, si l'on en croit une statistique des Bouches-du-Rhône mentionnée par M. de Ribbes, lors du voyage que fit Charles IX, en 1564, en cette province, il fallut faire abattre « les pins qui, descendant des flancs de Septèmes, resserraient la route au point de fermer passage au carrosse du roi (1) ». En Normandie et dans quelques autres provinces, des mesures analogues à celles prescrites par les ordonnances de ce prince avaient été déjà prises, et depuis longtemps, par les seigneurs suzerains de ces provinces.

Henri III, frère et successeur de Charles IX, voulut assurer l'exécution de la clause des mises en réserve ordonnées par son prédécesseur. A cet effet il prescrivit, par un édit en date de 1583, de frapper de l'empreinte d'un marteau spécial tous les arbres réservés, créant pour l'exécution de cette clause une charge particulière, la charge de *garde-marteau*, et rendit en 1588 une nouvelle ordonnance, stipulant que les mises en réserve ne devaient être exploitées que dans le cas de besoins exceptionnels et à titre de coupes extraordinaires. Dans ce temps-là les budgets ne se chiffraient pas par milliards ; aujourd'hui les ressources que pourraient donner les quarts en réserve, dans les forêts domaniales, s'ils y avaient été maintenus, ne représenteraient guère plus, relativement à l'ensemble du revenu de l'État, qu'un verre d'eau dans la Seine ou dans la mer.

Malheureusement les heureux résultats que devaient

(1) *Statistique des Bouches-du-Rhône*, t. IV, p. 28, citée par Ch. de Ribbes dans *La Provence au point de vue des bois et des inondations*.

produire ces diverses mesures furent amoindris par l'attribution de la vénalité aux offices forestiers tout le long de la hiérarchie. Déjà Henri II avait, par un édit de 1552, rendu héréditaires ces offices jusque-là réservés au choix du souverain parmi les sujets les plus dignes. Des tentatives avaient bien été faites, à diverses époques, pour les rendre vénaux ; mais elles avaient toujours rencontré l'opposition royale, comme le prouvent les ordonnances de Charles VII (1453), de Charles VIII (1493), de Louis XII (1498) et de François Ier (1535). Henri II et Henri III, ce dernier surtout en vue de combler les vides causés au Trésor par les fastes d'une cour corrompue, non seulement firent argent de la vente des charges forestières, mais en augmentèrent exagérément le nombre. On supprima, il est vrai (1575), l'office de *Réformateur général*, qui existait depuis plus de deux siècles, mais pour élever les six « Maîtres enquêteurs », créés par Charles V, à la dignité de Grands Maîtres, et une « Table de marbre » fut instituée auprès de chaque grande-maîtrise. Les titulaires de ces nouveaux offices avaient payé cher leurs charges, ce qui avait sans doute regarni quelque peu les coffres appauvris de la Couronne, mais avait incité les officiers royaux à se récupérer sur le produit des forêts soumises à leur juridiction. Sous les qualifications de « gages », de « taxations », de « chauffage », qu'ils s'étaient fait attribuer, le plus clair de ces produits passait entre les mains des bénéficiaires (1). L'abus aurait même été aggravé, en 1586, par l'invention de l'*alternativité* des emplois : deux personnes (plus tard

(1) Baudrillart, *Dictionnaire des Eaux et Forêts*, Introd. Ils envoyaient aussi dans les forêts leurs bestiaux en grande quantité. On avait essayé, mais sans succès, en 1559, de supprimer ces tolérances. On parvint cependant à les réglementer en 1578, mais à quelles conditions ! Les Grands-Maîtres eurent droit annuellement à 50 cordes correspondant à 193 stères de bois ; les Maîtres particuliers à 25 cordes ou 97 stères ; les autres officiers (lieutenants, procureurs du roi, gruyers, etc.), respectivement à 15, 10 et 6 cordes. — Cf. Huffel, *op. cit.*, pp. 315-316. Quand le nombre des grandes-maîtrises fut porté de 6 à 10, puis à 16 en 1689, à 17 ou 18 en 1720, on put se rendre compte de l'hécatombe d'arbres qui en résultait.

même trois en 1635, quatre en 1645) étaient affectées à la même charge à la condition de l'exercer alternativement d'année en année (1). Avec un tel régime, on le comprend sans peine, les forêts étaient mal conservées et l'appauvrissement qu'elles en éprouvèrent dépassa les profits momentanés que la vente de tous ces offices avait pu apporter dans les coffres du Trésor royal. Du reste, les troubles politiques, la Ligue, les difficultés pour la succession au trône soulevées après la mort d'Henri III, étaient en eux-mêmes plus que suffisants pour empêcher les sages réformes en matière forestière de François Ier et de Charles IX de porter leurs fruits, indépendamment même des autres causes qui viennent d'être signalées. Ces causes elles-mêmes s'en trouvaient renforcées ; car si, d'une part, on faisait argent de la multiplication des charges vénales, d'autre part, on n'abusait pas moins des ventes de *coupes extraordinaires* et l'on concédait en même temps des droits d'usage à titre onéreux dans les forêts du domaine. Il faut croire que la décadence forestière se faisait sentir jusqu'en Provence ; car on cite des doléances exprimées en 1572 par les États de Brignoles au sujet des progrès du déboisement dans la contrée (2).

IV

SOUS L' « ANCIEN RÉGIME » PROPREMENT DIT

C'est ce triste état de choses que trouva Henri IV

> *Quand*, par droit de conquête et par droit de naissance,
> Il monta sur le trône.

Il eut à relever bien d'autres ruines encore à la suite de l'odieuse et funeste domination de Catherine de Médicis

(1) Huffel, *op. cit.*, p. 315.
(2) Ch. de Ribbes, *La Provence au point de vue des bois et des inondations*.

et du triste règne de Henri III. Arrivant au souverain pouvoir en pacificateur et en restaurateur de toutes choses, il ne pouvait pas ne point comprendre les forêts dans sa sollicitude. Il avait d'ailleurs pour ministre Sully. Est-ce à celui-ci ou à Colbert, cet autre grand ministre, que doit être attribuée la fameuse parole : « La France périra faute de bois » ? Peu importe d'ailleurs. La sage et avisée prévoyance qu'elle dénote était également digne de ces deux grands hommes.

Par un édit rendu à Rouen en janvier 1597, Henri IV ordonne une visite générale des forêts du royaume en vue d'en reconnaître l'état et d'étudier le meilleur mode d'exploitation à leur appliquer. Les coupes extraordinaires, dont il avait été tant abusé, sont interdites, et révoqués tous les droits d'usage ou de chauffage concédés depuis François Ier à titre gratuit. Quant à ceux qui avaient été concédés à titre onéreux, la question de leur rachat devait être étudiée. Étaient supprimés en principe les offices et charges créés dans un but fiscal, moyennant remboursement aux titulaires du prix par eux versé. Enfin il serait procédé à une sorte de cadastre du sol boisé.

Ces sages mesures ne purent être que partiellement exécutées. Le « nerf de la guerre », qui est aussi le nerf des mesures utiles et des améliorations fécondes, fit défaut. On ne put réunir les fonds nécessaires pour désintéresser les possesseurs des charges achetées, pour racheter les droits concédés à titre onéreux, pour réunir et rémunérer des géomètres et arpenteurs en vue de faire un relevé général de toutes les forêts de France.

Peut-être cependant ce qui ne put être réalisé d'abord l'eût-il été peu à peu, par la suite, si la politique avisée du Béarnais n'eût pas été brusquement arrêtée avec sa vie par le poignard de Ravaillac. Richelieu et Mazarin, sous le règne de Louis XIII et la minorité de Louis XIV, eurent d'autres visées. C'est à Colbert, le grand ministre du roi Louis le Grand, que revient l'honneur d'avoir com-

pris le dommage résultant pour le royaume de la pénurie croissante des bois et surtout des bois de fortes dimensions nécessaires à notre marine. Il représenta cet état de choses à son souverain. Celui-ci avait un mérite qui ne lui a jamais été contesté : il savait apprécier les hommes de valeur, les honorer et les écouter. Sur les indications de son ministre, il forma en 1661 un *Conseil de réformation des Eaux et Forêts* ; il le composa de hauts magistrats, d'intendants, de jurisconsultes, de Grands-maîtres et mit à leur tête le Premier-président de Lamoignon.

Le travail de ce conseil se poursuivit jusqu'au 13 août 1669. On étudia avec soin toutes les législations antérieures, on s'éclaira des rapports que produisirent vingt et un commissaires réformateurs envoyés vers tous les centres forestiers du royaume pour en examiner par eux-mêmes l'état et la situation.

Une vaste enquête fut ouverte auprès des chefs de tous les services forestiers, des procureurs généraux, des directeurs des ateliers de la marine, des jurisconsultes (1).

Une des premières mesures que proposa le Conseil fut la « fermeture » de toutes les forêts du domaine royal. Dans le cas de ces situations extrêmes où des remèdes radicaux s'imposent, il n'est guère que des souverains absolus, comme Louis XIV ou Napoléon, pour être de taille à les faire appliquer. La fermeture des forêts était un de ces remèdes. Elle dura huit ans pendant lesquels ni aucune coupe ne fut effectuée, ni aucun usager ne reçut délivrance de bois ou n'envoya des bestiaux en forêt.

Enfin le 13 août 1669 fut rendue la célèbre ordonnance sur *le fait des Eaux et Forêts*, vrai chef-d'œuvre de législation et d'une législation si prévoyante, si profondément étudiée, que nonobstant la différence des temps et les transformations essentielles apportées à l'ordre social depuis lors, « le code forestier de 1827, écrit M. Huffel,

(1) Cf. Huffel, *op. cit.*, p. 247.

s'en est inspiré presque partout ». Cet auteur ajoute même que l'étude de ce document est, encore aujourd'hui, indispensable à quiconque désire se pénétrer de l'esprit de la législation forestière de nos jours (1).

Notre but n'étant pas de faire ici une étude spéciale et détaillée de cette législation, nous n'analyserons pas les trente-deux titres dont se compose l'Ordonnance et le préambule qui les précède. On trouvera du reste cette analyse dans l'ouvrage de M. Huffel si souvent cité dans la présente étude. Il nous suffira d'en indiquer les grandes lignes. Ce monument législatif entraîna une sorte de révolution — bienfaisante celle-là — dans l'état et la gestion des forêts. Elle s'appliquait non seulement à celles du domaine royal, mais aussi aux forêts qui étaient tenues en grurie, grairie, segrairie, tiers et danger, apanage, engagements par indivis ; aux bois dépendant des biens de l'Église et gens de main-morte, des communautés et habitants des paroisses.

L'administration prit, dans toute l'étendue du royaume, un caractère d'uniformité qui rentrait bien dans l'esprit dominateur et centralisateur du grand roi. Les six Grandes-maîtrises, créées par Henri III en 1575, furent conservées et subdivisées en cent trente maîtrises particulières. Chaque maître particulier avait sous ses ordres un lieutenant, un garde-marteau, un garde-général, deux arpenteurs et des gardes. En outre, il était institué un gruyer pour gérer ou surveiller les forêts écartées et hors de portée des autres officiers. A chaque maîtrise particulière était attachée une magistrature spéciale, comme à chaque Grande-maîtrise une Table de marbre. Ce pouvoir juridictionnel connaissait de toutes les affaires administratives en matière forestière et même des questions de propriété jusque dans les forêts privées, à la demande toutefois des propriétaires. Mais les causes criminelles, confiées

(1) G. Huffel, *op. cit.*, p. 247.

antérieurement aux tribunaux des Eaux et Forêts, leur furent retirées. Néanmoins, de fréquents conflits furent suscités d'une part entre ces tribunaux et les parlements, jaloux d'attributions judiciaires indépendantes d'eux, d'autre part avec les seigneurs hauts justiciers qui avaient également des tribunaux forestiers dans leurs juridictions.

Aussi les premiers obtinrent-ils, trente-cinq ans plus tard (1704), la suppression de la plupart des Tables de marbre (1), et les seconds un édit de mars 1707 faisant droit à leurs réclamations : il était créé dans la juridiction de chaque seigneur haut justicier des offices héréditaires de juges gruyers, procureurs du roi et greffiers ayant mêmes attributions que les officiers de même nom dans les Maîtrises (2). En la même année une mesure fâcheuse fut motivée par la pénurie des finances : on rétablit l'alternativité des offices qui, de biennaux ne tardèrent pas à devenir triennaux, puis même, dans certaines provinces, dit M. Huffel, quadriennaux.

Malgré tout, l'action bienfaisante de l'ordonnance de 1669 s'exerça, sans atteintes essentielles, jusqu'à la Révolution, qui devait bouleverser le service forestier comme elle bouleversera l'ordre social tout entier.

La restriction dans des limites raisonnables et la sage réglementation des droits d'usage furent un autre et heu-

(1) Cf. G. Huffel, *op. cit.*, p. 317.

(2) Cf. Baudrillart, *Dictionnaire des Eaux et Forêts*, Introd., p. 70. — L'hérédité était aussi accordée aux offices forestiers des Grandes-maîtrises et Maîtrises particulières, et ce privilège n'était pas sans avoir ses inconvénients. On n'ignore pas que notre immortel fabuliste, La Fontaine, occupait par droit d'hérédité la charge de Maître particulier, et que, s'il fut un poète de génie, il fut en même temps un piteyable forestier. Peut-être toutefois est-ce dans la contemplation des bois et dans l'observation des mœurs de leurs habitants, qu'il puisa l'inspiration de sa muse. S'il en est ainsi, pardonnons-lui sa nullité professionnelle ; le temps, « cet insigne larron », comme il disait, est aussi le grand réparateur et a eu beau jeu, depuis lors, de faire disparaître la trace des négligences du Maître particulier des Eaux et Forêts de Château-Thierry ; tandis que ses admirables Fables sont aussi goûtées après deux siècles et demi qu'aux premiers jours, et, tant que sera parlée la langue française, compteront parmi les chefs-d'œuvre de notre idiome.

reux résultat de la législation nouvelle. Ces droits avaient été, à diverses époques, multipliés au delà de toute mesure et pesaient lourdement sur toutes les forêts du royaume sans distinction. Tous ceux dont l'origine légitime ne put être établie furent supprimés, moyennant indemnité quand il y avait lieu ; les droits au bois de construction ou d'industrie furent ramenés à de justes limites.

Pour écarter d'autres abus, il fut aussi tracé d'utiles règles culturales. Il était prescrit de ne jamais exploiter les taillis au-dessous de l'âge de dix ans et d'y laisser croître jusqu'à quarante ans, âge minimum, seize baliveaux au moins par arpent (1). C'était peu, sans doute ; mais c'était du moins le principe de la réserve, sur les taillis, de brins destinés à croître en futaie ; et dans les bois traités en futaie pure, dix sujets par arpent devaient être maintenus sur pied jusqu'à cent vingt ans. Encore ces minima n'étaient-ils pas applicables aux forêts du domaine royal et des communautés ; on devait, chaque fois que l'exploitation revenait sur une coupe antérieure, respecter les réserves précédentes, tout en réservant en plus dix brins ou sujets de l'âge de la coupe en cours. Les sujets ainsi conservés ne pouvaient être abattus que sur ordonnance royale et seulement en cas de dépérissement bien et dûment constaté.

Dans les forêts ou portions de forêt restées à l'état de pleine futaie, l'Ordonnance prescrivait un système assez simpliste et assurément peu ou point « scientifique », mais qui n'en a pas moins été un sérieux progrès sur le désordre qui régnait auparavant, au point que la plupart des belles vieilles futaies qui font encore aujourd'hui la gloire de nos forêts domaniales, proviennent de l'emploi de cette méthode. Elle consistait à exploiter à blanc et de proche en proche par contenances égales, calculées d'après

(1) L'arpent forestier ou « Arpent des Eaux et Forêts » valait 51 ares 70 centiares de nos mesures métriques.

l'âge d'exploitabilité adopté. C'est la méthode dite de *tire et aire* (j'ai eu déjà occasion d'en parler, soit ici-même, soit dans les ANNALES [1]), dont le nom n'offre un sens logique qu'autant qu'on le considère comme une corruption de *tire A aire* ou *tirer aire*, ce qui signifierait : qui *tire à l'aire*, à la surface ou contenance.

Une observation analogue doit être faite au sujet de l'obligation de réserver dix brins de l'âge par arpent de coupe de taillis, en maintenant indéfiniment, dans les forêts soumises au régime forestier, tous les arbres réservés lors des exploitations précédentes. Il en est résulté, avec le temps, la substitution graduelle au régime du taillis simple d'une sorte de futaie irrégulière sur de médiocres taillis, qui a eu du moins pour heureux effet de préserver de la ruine un grand nombre de bois soumis.

Ce ne fut pas sans protestations et sans résistances que ces réformes et bien d'autres furent appliquées. Il s'agissait, dans beaucoup de cas, de revenir sur des habitudes plusieurs fois séculaires ; parfois d'ailleurs les mesures les plus désirables et les plus justifiées se heurtent à une invincible force des choses. C'est ce qui eut lieu, notamment dans certaines régions des Alpes et des Pyrénées, où le pâturage des moutons, rigoureusement proscrit par l'Ordonnance (tout comme, au surplus, par le code forestier de 1827) n'a jamais cessé d'être exercé. Nécessité fait loi plus que toutes les lois écrites.

Malgré tout, l'énergie de Colbert vint à bout de la plupart des oppositions. Il put même donner, bien que tardivement, satisfaction aux doléances des États généraux de 1614, qui s'étaient vivement émus de l'abus des *engagements*, en faisant rentrer par la suite au domaine de la Couronne un grand nombre de forêts engagées. Il est vrai que, d'après M. Huffel, il aurait consenti ensuite de nou-

(1) Tome XXIII, 2e partie, année 1890.

velles aliénations, comme, du reste, avant et après lui, Louis XIII, Louis XV et Louis XVI (1).

Les tribulations, au surplus, ne firent pas défaut par la suite aux malheureuses forêts. Ce fut, en 1709, un hiver d'une rigueur extraordinaire qui causa partout d'énormes ravages et fit périr une multitude d'arbres et de cépées. Les châtaigniers, notamment, jusqu'alors très abondants, succombèrent presque tous. Calamité plus terrible encore, les blés avaient gelé dans les emblavures, d'où suivit une affreuse disette ; les forêts durent y remédier, au moins partiellement, par des défrichements qui furent autorisés et même provoqués par des ordonnances, en vue d'arriver à une culture plus étendue. Il fallut bientôt réagir contre cette pratique ou y parer, et en 1719 le Régent fit rentrer quelques-uns des domaines engagés depuis 1669. De nouvelles disettes firent revenir aux défrichements, de 1762 à 1766; défrichements encore en 1772 pour installer dans les forêts et landes du Poitou 3000 Canadiens qui n'avaient pas voulu accepter la domination anglaise (2).

Bien que, d'après ce que nous apprend M. Huffel, Louis XVI ait consenti des aliénations ou engagements de forêts, ni plus ni moins que ses trois prédécesseurs, cependant, et malgré les tribulations qui viennent d'être indiquées, l'ère forestière qui s'étend de 1669 à la Révolution fut, en somme, une ère prospère comparativement aux temps qui l'avaient précédée. De concert avec Turgot, Louis XVI aurait même projeté des améliorations nouvelles et des mesures pour l'extension du sol boisé, jugée déjà trop faible proportionnellement à l'étendue du terri-

(1) Cf. G. Huffel, *op. cit.*, p. 223.

(2) Durant cette période, on peut relever cependant une mesure favorable à la conservation des forêts. Ce fut un arrêt de 1745 donnant une nouvelle et plus juste définition des morts-bois auxquels prétendaient d'innombrables usagers, et en excluant le charme, le tremble, les peupliers, le tilleul et les bouleaux. L'arrêt définissait comme morts-bois, les saules, aulnes, épines, sureaux, genêts, genévriers et ronces (Cf. Huffel, *op. cit.*, p. 230). Aujourd'hui les saules et les aulnes ne comptent plus, et avec raison, parmi les morts-bois.

toire. Mais d'autres soucis, d'autres préoccupations absorbèrent l'attention du malheureux souverain, et bientôt se dessina, puis éclata le cataclysme révolutionnaire.

V

DE LA RÉVOLUTION A LA FIN DU SECOND EMPIRE

Au point de vue exclusif de l'extension du domaine de l'État, les premiers débuts de la Révolution ne furent point défavorables au sol forestier, puisque l'État s'empara, par décret du 4 novembre 1789, des biens de l'Église, notamment du clergé séculier, des ordres religieux et des séminaires. L'étendue totale des forêts domaniales se trouvait ainsi portée à 1 704 917 hectares (1), auxquels s'ajoutèrent, le 12 février 1792, 634 000 hectares confisqués aux émigrés. Si bien qu'après le traité de Bâle (1795), restitution éphémère à la France de sa frontière naturelle de l'est, la surface forestière domaniale comprenait 2 592 706 hectares. Une loi fut même portée le 23 août 1790 qui déclarait inaliénables les forêts du domaine. Une autre loi du 1er décembre de la même année (dans laquelle, par parenthèse, fut définie pour la première fois la différence entre le *domaine public*, comme les routes, canaux, ports, forteresses, etc., et le domaine privé *de la nation*, c'est-à-dire de l'État), le domaine de l'État est déclaré aliénable et prescriptible. Une restriction est formulée toutefois en faveur des forêts ; celles-là seules peuvent être vendues, qui ont moins de cent arpents (2) et sont à moins de mille toises (3) d'autres forêts, les grands massifs domaniaux continuant à rester inaliénables. Le

(1) D'après un rapport du Comité des Domaines à la Constituante en 1791. Cf. Huffel, *loc. cit.*, p. 224.

(2) 51 hectares des mesures actuelles.

(3) 1950 mètres.

minimum d'étendue et de distance fut élevé, par une loi de l'an IV (1797), à 163 hectares pour la première, et à 975 mètres pour la seconde.

Les bois des particuliers furent affranchis de toute tutelle ou ingérence administrative par une loi du 29 septembre 1791, et rentrèrent ainsi sous la législation du droit commun. Avec une apparence de conformité au principe d'égalité, cette mesure, favorable à certains égards au droit des propriétaires, privait d'autre part d'une protection suffisante cette propriété de nature toute spéciale. Ce défaut se fait sentir encore aujourd'hui. La même loi édictait une mesure plus fâcheuse encore : elle confiait aux municipalités et assemblées locales les bois des communes et communautés ou œuvres diverses, et aussi le soin « de veiller à la conservation des bois nationaux », conjointement, il est vrai, avec l'administration. Elle traçait également un plan nouveau pour la réorganisation de l'administration forestière, lequel d'ailleurs resta lettre morte ; mais l'abolition en principe des maîtrises eut pour effet d'affaiblir très sensiblement l'autorité des officiers forestiers ; cependant, l'ancienne organisation se maintint jusqu'en 1801, à l'exception toutefois des attributions judiciaires, qui lui avaient été retirées par la loi du 23 août 1790. C'est ainsi, comme le faisait remarquer naguère Jules Clavé dans ses *Études d'économie forestière*, que, seuls de l'ancien régime, les forestiers sont restés en fonction pendant toute la durée de la période révolutionnaire.

Les forêts, du reste, ne s'en sont pas trouvées mieux. Émanation de gouvernements et d'un ordre social disparus, ces malheureux forestiers n'avaient plus, vis-à-vis du public, ni prestige ni pouvoir ; ils furent impuissants à protéger les forêts qu'ils avaient mission d'administrer (1).

(1) Voir, dans le *Recueil des règlements forestiers* de Baudrillart, tome I, p. 494, l'*Instruction* de l'Assemblée nationale des 12 et 20 août 1790.

Tandis qu'on légiférait en haut lieu, les passions populaires surexcitées sous l'influence d'une atmosphère politique déjà chargée d'électricité, s'en prenaient aux forêts. Vainement Louis XVI par une proclamation du 3 novembre 1789, et l'Assemblée constituante par deux décrets des 11 décembre suivant et du 26 mars 1790, s'efforcèrent-ils de rappeler les populations à la légalité et à la modération. Leurs efforts furent vains. Ce fut pire encore sous l'empire de la loi de septembre 1791, dont il vient d'être parlé. Confier aux assemblées locales le soin « de veiller à la conservation des bois nationaux » et même de ceux des communautés qu'elles représentaient, c'était un peu comme si, de nos jours, on s'avisait de confier aux braconniers de pêche et de chasse la conservation des poissons et du gibier. Ce fut bientôt un sac, un pillage général. Michelet, dans son *Histoire de France*, trace un saisissant tableau de la furie des dévastateurs. « Ils escaladèrent, dit-il, le feu et la bêche à la main, jusqu'au nid des aigles, cultivèrent l'abîme, pendus à une corde. Les arbres furent sacrifiés aux moindres usages ; on abattait deux pins pour faire une paire de sabots. En même temps, le petit bétail, se multipliant sans nombre, s'établit dans la forêt, blessant les arbres, les arbrisseaux, les jeunes pousses, dévorant l'espérance. La chèvre surtout, la bête de celui qui ne possède rien, bête aventureuse, qui vit sur le commun, fut l'instrument de cette invasion démagogique, la terreur du désert (1). »

Ce lamentable état de choses fut encore aggravé par les usurpations d'un grand nombre de communes, principalement dans les forêts de l'État. Le prétexte en était une loi du 28 août 1792 qui autorisait les communes se disant usagères à faire examiner et régler leurs prétentions à dire d'experts. Il en résulta, de la part des communes riveraines, un véritable pillage organisé, et cela

(1) Cf. Meaume, *Comm. Code forestier*, tome I, p. 457, *ad not.*

dura de nombreuses années. Vainement une loi de 1803 (28 ventôse, an XI) prescrivit-elle aux usagers ou prétendus tels de produire dans les six mois les titres constatant leurs droits ; aucun titre ne fut produit. Au bout d'un an, le délai fut prorogé pour une nouvelle durée de six mois, portant peine de déchéance pour quiconque ne produirait rien. Sanction en grande partie vaine ; un petit nombre produisirent des titres dont fut reconnu le bien fondé partiel ou total, la plupart n'en produisirent aucun et, sauf quelques déclarations de déchéance, continuèrent, comme par le passé, à user de jouissances auxquelles ils n'avaient aucun droit.

On voit que la Révolution ne fut pas tendre aux forêts et au sol forestier. D'autant plus que, parallèlement à ces dévastations et pillages qu'elle était impuissante à empêcher, elle ne se priva pas d'aliéner, avec d'autres biens nationaux qu'elle avait du reste déclarés aliénables, plusieurs forêts domaniales déclarées pourtant *inaliénables* par les lois des 25 août et 1er décembre 1790.

Cependant la réunion de tous les pouvoirs entre les mains du prodigieux génie que fut Bonaparte, eut son contrecoup sur toutes choses. Le rappel des émigrés, dont furent exceptés cependant au début ceux qui avaient pris les armes pour la défense du Roi, amena une pacification partielle des esprits. Il devint possible de régulariser l'administration publique. Dès 1801, le corps forestier fut réorganisé sur de nouvelles bases et vit peu à peu lui revenir l'autorité morale dont il se voyait dépourvu depuis, surtout, la fameuse loi du 29 septembre 1791 qui, dans le vain espoir de relever son autorité méconnue, l'obligeait à partager ses attributions avec les assemblées locales.

Devenu empereur, Napoléon restitua quelques-unes des forêts confisquées aux émigrés et en aliéna, dit-on, quelques autres, sans qu'on puisse rien préciser à cet égard, les décrets impériaux qui s'y rapportent n'ayant pas été,

on ne sait pourquoi, inscrits au Bulletin des lois. En 1807, une statistique établie par les soins du service forestier fit connaître l'existence de 2 321 802 hectares de forêts domaniales dans la France d'alors, représentant un revenu de cinquante millions (1). Un décret impérial, en date du 8 mars 1811, ne contribua pas à agrandir la compétence et le savoir du personnel forestier. Il y fut stipulé que la moitié des emplois y serait réservée aux débris des armées, c'est-à-dire aux éclopés, à ceux que les blessures et infirmités contractées devant l'ennemi rendaient impropres désormais à faire campagne ; débris glorieux assurément, mais qui n'avaient pu puiser, au bivouac et dans les camps, les connaissances professionnelles indispensables à la bonne gestion des forêts. Aussi les forêts s'en tirèrent-elles comme elles purent. Cependant, d'après un recensement dont le ministre de l'Intérieur publiait les résultats le 25 février 1813, la France, qui ne comprenait pas moins, alors, de 130 départements, et englobait, entre autres territoires, les Pays-Bas, le Valois, une partie de la Westphalie, aurait possédé huit millions d'hectares de bois et forêts — chiffre assurément trop faible dans son ensemble — dont moins de 1 800 000 hectares aux particuliers, et le surplus, soit 6 200 000, à l'État et aux communes. Il y a ici, visiblement, comme le note avec raison M. Huffel, une supériorité proportionnelle inadmissible des forêts domaniales et communales sur les forêts privées. La totalité des bois particuliers de la France actuelle, non pas de la France de 1813, est évaluée à près de sept millions d'hectares ; comment n'eût-elle été que de moins de deux millions d'hectares avec une quarantaine de départements de plus ?

Quelle qu'ait été l'étendue réelle et proportionnelle des forêts publiques et privées dans l'éphémère empire de 1813, elle dut être réduite de son chiffre normal après

(1) Cf. Huffel, *loc. cit.*, tome I, pp. 225 et 226.

les désastres consécutifs au retour de l'île d'Elbe ; ils contraignirent Louis XVIII à abandonner des territoires qu'avaient respectés les Alliés après la première invasion. On a indiqué, dans la première partie de la présente étude, les aliénations de forêts auxquelles le malheur des temps avait conduit la Restauration à se résoudre. C'est à elle toutefois que revient le mérite d'avoir créé, en 1824, l'école forestière de Nancy qui devait fournir, et qui a fourni, en effet, une suite ininterrompue d'agents capables, fortement imbus des saines traditions du métier, en remplacement graduel du personnel très inférieur instauré par Bonaparte au profit des invalides de l'armée. Trois ans plus tard furent promulgués le Code forestier et l'ordonnance réglementaire disposée pour son exécution. Cette législation survenait après une laborieuse préparation due à une commission spéciale nommée à cet effet en 1822 ; elle compléta définitivement l'œuvre de restauration du service destiné à la conservation et à l'amélioration du domaine forestier de la France.

Le Code forestier a pris pour base l'ordonnance de 1669, en éliminant de celle-ci les dispositions qui répondaient seulement à un état de choses disparu sans retour, mais adaptant les autres à l'état social nouveau créé par les événements. Retouché, modifié ou étendu dans quelques-uns de ses détails, principalement sous le second Empire, le Code forestier promulgué par le roi Charles X, le 31 juillet 1827, règle encore aujourd'hui la gestion des bois de l'État, des départements, des communes et des établissements publics.

On peut citer parmi ces modifications et développements :

Le décret impérial du 19 mai 1857 prescrivant le dégrèvement des droits d'usage dans les forêts domaniales par le cantonnement des usagers ; la loi du 18 juin 1859, portée précisément en revision de celle de 1827, et qui adoucit les rigueurs de la répression par la faculté laissée

à l'administration de *transiger* avec les délinquants, moyennant paiement d'une certaine amende transactionnelle toujours inférieure à l'amende légale encourue ; la loi du 22 novembre de la même année, modifiant dans un sens plus libéral à certains égards, plus restrictif à d'autres, la législation relative au défrichement des bois des particuliers; les lois de 1860, de 1864 et d'années subséquentes sur la restauration des montagnes par boisement et gazonnement. Mentionnons aussi la loi beaucoup moins heureuse du 11 juillet 1866, par laquelle les forêts domaniales étaient affectées à la caisse d'amortissement. C'est en conséquence de cette disposition que la loi des finances du 18 du même mois autorisait l'administration, comme on l'a vu plus haut, à aliéner des forêts de l'État jusqu'à concurrence de 2 500 000 francs.

En 1872, après la perte de l'Alsace et d'une partie de la Lorraine, après la restitution aux princes de la maison d'Orléans des biens que leur avait confisqués le prince Louis Bonaparte, le domaine forestier de l'État comprenait seulement 963 873 hectares. Depuis lors de nombreuses acquisitions s'ajoutant à celles antérieurement faites en vue des travaux de reboisement, ont porté ce chiffre à celui de 1 155 788 hectares au 1er janvier 1903.

VI

FORÊTS COMMUNALES ET FORÊTS PRIVÉES

Dans les exposés qui précèdent, il n'a été parlé que très incidemment des forêts communales et de celles des particuliers. Nous avons vu, au paragraphe II, que le point d'origine de la plupart de nos communes rurales peut se rattacher au *fundus* gallo-romain ; qu'à la suite de la répartition déterminée par le travail des *agrimensores*, des forêts ou portions de forêts avaient été attri-

buées aux *vici* ou, à titre onéreux et par concession des *equites*, aux *villæ*, ou enfin partagées par l'*eques* aux habitants du *fundus* attachés à l'*ager*, lesquels y prenaient tout le bois dont ils avaient besoin. Les tribus germaines, mêlées aux populations gallo-romaines à la suite des invasions du ve siècle, apportant de leurs pays d'origine des habitudes analogues, cet état de choses se continue, sans qu'il y eut toutefois de démarcation bien tranchée entre ce qui appartenait aux groupes ou agglomérations d'habitants considérés comme tels, et ce que ces mêmes habitants possédaient *ut universi*, c'est-à-dire en commun mais individuellement (1).

Mais la propriété communale nettement et juridiquement établie ne prit guère naissance qu'à partir du XIIe siècle. Ce fut alors que, pour réunir ou rappeler les populations éloignées par l'extension abusive des bois dans les *forestæ*, les seigneurs leur concédèrent des droits divers et des franchises stipulés dans des chartes, leur reconnaissant tantôt une possession forestière ancienne, tantôt une propriété constituée par l'acte même d'affranchissement, soit par don ou par vente sous certaines conditions, comme, par exemple, l'interdiction de défricher ou d'aliéner. Par la suite, des forêts communales furent constituées en grand nombre par voie de cantonnement, les seigneurs préférant céder en pleine propriété aux communes vassales une partie de leurs forêts afin d'affranchir le surplus. C'est surtout à partir des XIIIe et XIVe siècles que la possession de forêts par les communes prit une grande extension : la propriété communale y était toutefois soumise à certaines restrictions qui variaient de fait et de nom suivant les provinces ou les

(1) M. Huffel cite un cas tout particulier et fort curieux d'une forêt de 300 hectares que les habitants de la ville de Dôle (Jura) possèdent *ut universi*, d'après un droit de possession remontant à l'époque gallo-romaine. Certaines forêts communales provenant de l'ancienne abbaye de Wissembourg en Alsace étaient encore possédées au XIIIe siècle comme *sylvæ communes* remontant aux temps mérovingiens. Cf. Huffel, *op. cit.*, p. 229.

seigneuries, lesquelles, supprimées à la Révolution, furent uniformément remplacées par la tutelle de l'État.

L'une de ces restrictions, la plus onéreuse et souvent abusive, consistait dans le droit de *triage* que se réservait le seigneur ou ses descendants sur les bois qu'il avait donnés, non vendus à des communautés, et qui consistait dans le tiers des produits, voire parfois de la propriété, même acquise à titre onéreux. Les rois de France intervinrent souvent pour réprimer cet abus. Louis XIV révoque même, en 1667, tous les triages établis depuis moins de trente ans avec défense d'en établir de nouveaux, faisant en même temps remise de tous les triages existants sur le domaine royal. Si l'ordonnance de 1669 reconnut ce droit, ce fut en le limitant rigoureusement au cas où il provenait de concession gratuite et à la condition que les deux tiers restant à la communauté fussent suffisants pour satisfaire à ses besoins.

La suppression définitive du droit de triage et des autres droits d'origine féodale à partir de 1790, n'alla pas sans donner naissance à d'autres abus en sens contraire. Déjà nous avons signalé les funestes effets, sur les forêts de l'État, des facultés excessives concédées aux communes de la situation de ces forêts et aux communes usagères. La révocation, en 1790, de tous les triages établis depuis moins de trente ans, fournit prétexte à un certain nombre de communes de s'emparer de bois domaniaux ou autres et de terrains vagues, en excipant de prétendues usurpations anciennes qui n'avaient jamais été faites. Abus aggravé encore à la suite d'une loi de 1792 étendant les révocations de triages à tous ceux qui avaient été établis depuis 1669, et surtout d'une autre loi, en date du 11 juin 1793, laquelle établissait présomption de propriété communale sur tous les biens connus « sous le nom de terres vaines et vagues, bois

communaux, hermes (1), vacants, etc. », sauf le cas où le détenteur pourrait présenter un acte authentique d'achat, à l'exclusion des titres « émanant de la puissance féodale » (2). Bien mieux, les revendications éventuelles prévues par cette loi furent soumises à une juridiction d'arbitres locaux jugeant sans appel. Ce fut bientôt un véritable brigandage aux dépens du domaine national, qui eût fini par y passer tout entier; d'autant plus que dans beaucoup de communes les populations n'avaient pas eu la patience d'attendre le travail des arbitres cependant si complaisants. Heureusement une réaction salutaire ne tarda pas à se produire. Deux lois de l'an IV (1797) supprimèrent la juridiction arbitrale et autorisèrent l'appel des décisions prises par les arbitres ; et deux autres lois, l'une de l'an VII, l'autre de l'an XII prescrivirent la revision générale de toutes les opérations de l'espèce exécutées en vertu de la loi du 11 juin 1793. Malheureusement une partie seulement des bois usurpés par les communes fit retour à l'État. Les biens qu'un grand nombre de communes s'étaient appropriés sans intervention d'arbitres leur sont restés, et finalement le domaine forestier des communes s'est, à la faveur de la période révolutionnaire, sensiblement accru au détriment du domaine de l'État. L'annexion de la Savoie et de Nice, sous le Second Empire, a enrichi le premier de 170 000 hectares. Le second avait été réduit durant la période de 1852 à 1870, non seulement par les aliénations dont nous avons parlé, mais aussi par de nombreux cantonnements d'usagers, qui avaient augmenté d'autant le premier. Le traité de Francfort, à la suite de l'année terrible, a diminué l'un et l'autre, celui des communes de 200 000, celui de l'État de 97 000 hectares.

(1) *Hermes* ou plutôt *ermes* (de ἔρημος, désert), « nom donné dans la Drôme aux terres vagues ou laissées sans culture ». *Dictionnaire* de Larive et Fleury.

(2) Cf. Huffel, pp. 231-232.

Actuellement les communes, auxquelles il faut ajouter les hospices et autres établissements publics, possèdent 2 215 000 hectares de forêts dont 1 918 000 seulement sont soumises au régime forestier, c'est-à-dire à la tutelle de l'État.

Il y a peu de choses à dire sur la propriété forestière purement privée. De la naissance de la féodalité au XVIe siècle, il ne paraît pas qu'il y ait eu des forêts ayant eu d'autres propriétaires que le Roi, les communautés religieuses ou civiles et les seigneurs. Il en avait été autrement aux temps gallo-romains et mérovingiens ; mais les contrats de vassalité firent peu à peu passer les domaines privés sous la domination des suzerains. Ce n'est que vers la fin du moyen âge que la propriété forestière privée prit de l'extension. Elle s'élevait, en 1789, à 4 500 000 hectares environ.

Depuis lors elle s'est accrue d'abord de toutes les aliénations de bois de l'État réalisées durant le siècle qui a suivi, puis des nombreux boisements effectués par les particuliers dans le cours du XIXe siècle, notamment dans les Landes, en Sologne et dans la Champagne Pouilleuse, et aussi en montagne ou sur des terres peu favorables à la culture. On croit pouvoir évaluer à 1 100 000 hectares les massifs forestiers créés par les particuliers dans le cours du dit siècle. Si la propriété forestière privée s'est appauvrie en France de ce qu'elle possédait en Alsace-Lorraine, elle s'est d'autre part accrue des contrées plus riches en bois particuliers de Nice et de la Savoie.

Il faut tenir compte aussi des défrichements, dont les autorisations demandées et obtenues ont suivi une marche ascendante de 1828 à 1866 pour diminuer rapidement depuis lors, à la suite des nombreux mécomptes éprouvés. Le total de ces autorisations accordées de 1828 à 1902 inclusivement s'élève à 481 761 hectares ; mais la quantité réellement défrichée est notoirement inférieure à ce chiffre.

En fin de compte, d'après la statistique agricole, l'étendue totale de la propriété forestière privée était, en 1892, de 6 217 000 hectares.

Nous voici arrivés à la fin de cette vue d'ensemble sur les conditions forestières du pays qui est aujourd'hui la France, aux diverses époques où il fut successivement terre celtique, terre gallo-romaine, soumise à l'autorité des Francs mérovingiens et carolingiens, et devenue enfin, avec la dynastie capétienne, la France proprement dite.

Il ne serait pas sans intérêt d'examiner, au point de vue contemporain, ce que l'on peut appeler — par extension à l'œuvre administrative — la « politique forestière » de la France actuelle : application de mesures douanières protectrices au commerce des bois ; mesures législatives propres à assurer la coopération de la propriété forestière à la sauvegarde de l'intérêt général présent et futur ; statistique forestière générale et aperçu des forêts coloniales.

Si l'on voulait entrer dans une analyse complète des matières multiples qui sont condensées dans les tomes II et III de l'*Économie forestière*, on arriverait à la composition d'un précis des règles de la dendrométrie, de la formation de la richesse forestière par la double coopération de la nature et de l'homme, de la correspondance du revenu au capital, de l'estimation sous toutes formes des forêts et de leurs produits, enfin de l'art si complexe, si délicat — et, quand il s'agit des futaies pleines, parfois si incertain — de l'aménagement des forêts.

Ce sont là, dans une seule spécialité, de graves sujets d'étude qu'il pourrait y avoir intérêt à aborder par la suite.

C. DE KIRWAN.

L'ÉLECTRICITÉ

CONSIDÉRÉE COMME FORME DE L'ÉNERGIE

—

LES DEUX NOTIONS FONDAMENTALES LE POTENTIEL ET LA QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1. *Insuffisance des théories actuelles.* — Le rôle si important que joue aujourd'hui l'électricité dans l'industrie, a placé cette science au premier rang, et cependant sa théorie est encore loin d'atteindre le degré de clarté et de précision obtenu dans les autres branches de la physique. Bien des phénomènes électriques sont encore sans explication satisfaisante, tels que la dilatation électrique, la décharge résiduelle, la force électromotrice de contact, l'effet Peltier, l'effet Thomson, la polarisation des électrodes.

L'une des premières causes de ces difficultés n'est-elle pas dans cette tendance si générale des esprits à vouloir expliquer tous les phénomènes physiques par les lois de la mécanique ? On parle bien de la conception d'un fluide impondérable, mais on s'empresse de le doter d'une *masse* à laquelle on attribuera bientôt les propriétés de la matière, pour lui appliquer, non pas seulement les méthodes, mais encore les lois mêmes de la mécanique rationnelle.

2. *La masse électrique et la quantité d'électricité.* — On confond d'ailleurs cette masse, quantité positive ou négative, distribuée à la surface des conducteurs, et qui s'impose en électrostatique, avec la *quantité d'électricité* qui circule dans les courants, et qui n'apparaît qu'en électrodynamique. Cette confusion entraîne nécessairement des contradictions : c'est ainsi que l'on considère un conducteur parcouru par un courant comme livrant passage à de l'électricité, alors qu'il n'en contiendrait même pas. C'est qu'en effet cette masse électrique, d'après les idées que nous développerons, n'est pas plus une quantité d'électricité qu'une vitesse n'est une longueur absolue; tout en dérivant de la quantité d'électricité, la masse électrique est une grandeur de nature toute différente ; c'est une quantité d'électricité positive ou négative divisée par un temps. Cette notion des masses de signes contraires, qui remonte aux plus anciennes théories, n'intervient que dans les phénomènes d'induction, en électrostatique, et n'est pas, comme on l'a dit souvent, exclusive de l'hypothèse d'une seule espèce d'électricité, celle-là qui circule dans les courants.

3. *Le milieu intermédiaire qu'on appelle l'éther.* — Faraday a expliqué le mécanisme de l'action électrique par une transmission de proche en proche, à travers un milieu intermédiaire idéal, doué d'une élasticité spéciale, et dont la structure se modifie sous l'influence des corps électrisés. C'était le premier pas vers le principe de l'action au contact, de la localisation de l'énergie électrique, comme de toutes les autres formes d'énergie, dans les éléments matériels eux-mêmes: mais nous sommes de ceux dont parle M. E. Picard, quand il dit (1) : « *Il a pu même paraître à quelques-uns, qu'il était étrange d'expliquer le connu par l'inconnu, le visible par l'invisible, d'imaginer, par exemple, comme on l'a dit, un éther que nul œil humain*

(1) *La science moderne et son état actuel*, p. 127.

ne verra jamais. » N'est-il pas plus naturel de rapporter les effets que nous observons, non à ce milieu hypothétique, mais au milieu réel et ambiant qui est, incontestablement, le véritable support et le véhicule obligé de l'action électrique ? Ce milieu réel et matériel est par trop souvent négligé, et quand on veut bien se rappeler qu'il est lié, superposé au milieu idéal dont on s'est un peu trop exclusivement occupé, on est fort surpris de lui trouver certaines propriétés telles que la dilatation et l'absorption électriques.

4. *Le potentiel quantité physique et le potentiel pure quantité mathématique.* — C'est encore cet oubli du milieu réel qui conduit à considérer le potentiel comme *une pure quantité mathématique. En élevant la température d'un corps, dit-on, on le fond, on le volatilise : on ne produit, au contraire, aucun effet physique sur un corps en le portant, avec l'enveloppe qui le renferme, à un potentiel élevé* (1).

Nous pensons, au contraire, que le potentiel d'un corps électrisé est une quantité physique analogue à la température et, à certains points de vue, mieux encore analogue à la pression qu'il supporte. Peut-on nier l'influence du potentiel dans les phénomènes électrochimiques ? Si l'on place un corps métallique dans un milieu aériforme dont on fasse varier la pression dans les limites que l'expérience permet d'atteindre, ces variations ne produiront sur ce corps aucun changement apparent : il est cependant certain que son volume aura varié, si peu que ce soit. Un corps ne peut pas subir une influence extérieure, sans que sa constitution intime en soit affectée par un changement tangible, si faible qu'il puisse être. Le potentiel transmis à un corps métallique agit donc sur ce corps, et modifie son état, comme la pression et la température agissent sur lui et modifient son état.

(1) Macwell, *Traité élémentaire d'Électricité*, traduit par G. Richard, 1884, p. 9.

Sans méconnaître les services rendus par les théories actuelles et qu'elles rendront encore, il est permis de prévoir qu'il doit être possible d'en édifier une nouvelle, basée, avant tout, sur les deux principes fondamentaux et si solides de la science de l'énergie, auxquels il suffira de joindre quelques lois expérimentales nettement définies, pour lui donner, par un enchaînement logique, tout son développement.

5. *Les facteurs de l'énergie électrique.* — Pour fonder cette théorie nouvelle, deux notions fondamentales sont nécessaires, celle du *potentiel électrique* et celle de la *quantité d'électricité*. Ce sont les facteurs de l'énergie électrique, comme la *température* et l'*entropie* d'une part, la *pression* et le *volume* d'autre part, et enfin le *potentiel chimique* et la *quantité de matière* sont les facteurs de l'énergie calorifique, élastique ou chimique.

De ces quatre formes, l'énergie calorifique occupe une place à part et dominante, parce que ses déplacements, mesurés par l'entropie, obéissent à une loi de dissipation, tandis que les déplacements de l'énergie électrique, de l'énergie élastique et de l'énergie chimique obéissent à une loi de conservation, qui est la généralisation du principe de Lavoisier.

Dans l'univers, toute quantité d'électricité qui quitte un corps, est intégralement reçue par d'autres corps ; tout changement de volume d'un corps ou système de corps correspond à des changements de volume opposés et équivalents dans d'autres corps ; toute réaction chimique s'opère sans création ni destruction de matière, suivant le principe de Lavoisier. Un corps pris dans un état déterminé, et soumis ensuite à des transformations qui lui font échanger de l'électricité avec l'extérieur, ne peut revenir à un état identique à son état initial, si cet échange d'électricité ne se réduit pas, en fin de compte, à zéro ; de même qu'il ne peut reprendre cet état initial que si son volume reprend la même valeur, si sa constitution chi-

mique lui donne, en tous points, la densité qu'il avait au début.

Son entropie reprendra aussi sa valeur primitive, mais si sa transformation est irréversible, et il en est toujours ainsi dans la nature, les échanges d'entropie entre les divers corps en jeu ne se compenseront pas : il y aura accroissement d'entropie, tandis qu'il y aura conservation de volume, de quantité d'électricité, de quantité de matière.

Les deux chapitres qui suivent auront pour objet de développer la notion du *potentiel*, défini qualitativement. Le chapitre suivant nous conduira à préciser cette notion, et à considérer le potentiel comme quantité mesurable ; il nous apprendra, en même temps, ce que l'on doit appeler la *quantité d'électricité*.

CHAPITRE II

LE POTENTIEL ÉLECTRIQUE

1. *Isolants et conducteurs de l'électricité.* — Le frottement développe dans certains corps dits isolants, un état électrique qui a sa répercussion dans le milieu environnant que l'on nomme champ électrique. En vertu de ce principe de la science moderne qu'il n'existe pas d'action à distance, le champ manifeste le nouvel état qu'il a, lui-même, acquis, par les mouvements des corps légers qui y sont plongés. Ces mouvements sont les signes d'une rupture dans l'état d'équilibre vers lequel tendent tous les phénomènes de la nature ; aussi, au bout d'un certain temps plus ou moins long, l'équilibre sera-t-il rétabli, le corps ayant partagé par diffusion ses propriétés électriques avec le milieu ambiant.

Ces propriétés ne se développent pas seulement sur les isolants, les corps dits conducteurs peuvent aussi les acquérir et les conserver dans un milieu tel que l'air sec,

où leur déperdition s'opère très lentement. Ces corps se distinguent des premiers par leur tendance à se mettre très vite en équilibre électrique entre eux, tandis que les isolants conservent assez longtemps leur électrisation, alors même qu'ils sont en contact avec des conducteurs.

La distinction des corps en isolants et conducteurs n'a évidemment rien d'absolu. La transmission de la propriété électrique dans les diverses parties d'un même corps, ou entre corps différents, se fait de proche en proche, avec des vitesses extrêmement variables, qui ne sont jamais ni nulles ni infinies.

2. *Définition d'un corps isolé au point de vue électrique.* — Si un corps électrisé récupère, par un procédé quelconque, la propriété électrique qu'il perd sans cesse au contact du milieu qui l'environne, il s'établira un régime permanent ; la constitution du milieu, variable d'un point à un autre, restera invariable en chaque point, et l'on dit alors que le champ est stable.

Si la vitesse de déperdition de la propriété électrique devient extrêmement lente et, en quelque sorte, négligeable dans un milieu très isolant qu'avec Faraday nous appellerons désormais un diélectrique, on pourra considérer le champ créé dans ce milieu matériel comme sensiblement stable pendant la durée nécessaire à une série d'expériences, et le corps électrisé qui aura créé ce champ pourra être considéré, à son tour, comme conservant intégralement, pendant la même durée, ses propriétés électriques. Nous dirons, dans ce cas, que ce corps est *isolé au point de vue électrique ou électriquement isolé.*

C'est là une conception purement théorique analogue à celle de l'isolement au point de vue thermique ou au point de vue élastique, qui rend de si grands services en thermodynamique ; mais l'isolement électrique d'un corps est nécessairement imparfait, et c'est grâce à cela que ce corps peut créer un champ dans le diélectrique qui l'environne.

3. *Cause des phénomènes observés en électrostatique.* — La cause primordiale des phénomènes observés en électrostatique ne réside donc pas dans l'action exercée par des conducteurs *absolument isolés* sur le *milieu hypothétique* que l'on nomme l'éther, mais bien dans l'énergie sans cesse échangée de proche en proche, et par le contact, entre ces conducteurs qui *ne sont pas absolument isolés* et le *milieu réel* environnant, où cette énergie se déplacera tant que le système ne sera pas arrivé à un état final d'équilibre qui est l'état neutre. L'air sec est un isolant très puissant ; on conçoit donc que, pendant la durée normale d'une série d'expériences on puisse considérer comme stable le champ créé dans cet air sec, et comme conservant leur état électrique primitif les conducteurs qui y sont plongés.

Mais, dira-t-on, si l'énergie électrique arrive à se déplacer si lentement, les effets de ce mouvement, qui n'est autre chose qu'un courant électrique très faible à travers le champ, doivent être bien peu sensibles. A cette objection, on peut répondre d'abord que ces effets ne se manifestent pas avec une bien grande intensité, puisqu'on ne les constate que sur des corps légers ; on peut ajouter que l'énergie électrique contenue dans un corps doit être énorme, au point que ce corps peut en dépenser des quantités notables, sans que son état électrique en soit sensiblement affaibli. Les plus récentes conquêtes de la physique dans le domaine des radiations sont bien faites pour corroborer cette explication, quand on songe à la quantité de chaleur et de lumière qu'un petit morceau de radium peut émettre pendant plusieurs années sans perdre d'une façon apparente, ni de son poids, ni de ses propriétés actives. Il est même permis de croire que les théories nouvelles qui se fondent aujourd'hui sur les ions et électrons ne peuvent être que facilitées par les vues qui précèdent.

Quoi qu'il en soit, ces vues conduisent à une théorie qui explique avec une grande simplicité et une grande clarté

tous les faits connus en électrostatique et en électrodynamique. Mais avant d'aborder cette théorie, il est nécessaire de considérer l'électricité sous un aspect très spécial et quelque peu abstrait, qui permette de bien préciser comment on doit concevoir la mesure de l'énergie électrique contenue dans un corps homogène, et dont toutes les parties sont en équilibre entre elles.

4. *L'équilibre électrique et l'égalité de potentiel.* — Prenons, au hasard, deux corps homogènes isolés, chacun, au point de vue thermique, élastique et électrique ; ils sont soumis aussi, chacun, à une température, à une pression et à un état électrique indépendants dans les deux corps, en sorte que ceux-ci ne seront vraisemblablement en équilibre ni au point de vue thermique, ni au point de vue élastique, ni au point de vue électrique. Tout en les maintenant isolés du milieu qui peut les contenir, mettons-les en contact, en supposant rompues les liaisons qui les isolaient entre eux : il va s'opérer entre ces deux corps des changements irréversibles, tendant au rétablissement naturel de l'équilibre, et qui se manifesteront notamment, dans leur masse intérieure, par des variations locales de température et de pression ; ces changements prendront fin, quand cet état d'équilibre sera réalisé. Il sera caractérisé par l'uniformité de température et de pression dans toute l'étendue des deux corps, qui n'auront échangé avec l'extérieur aucune quantité de chaleur, aucune propriété électrique, et dont les volumes, variables séparément, conserveront une somme constante. Si l'on sépare alors ces deux corps, il ne se produira aucun phénomène, pas plus que si on les remet de nouveau en contact ; il y a donc aussi, entre eux, équilibre électrique. C'est ce que nous exprimerons en disant que ces corps ont *même potentiel*. L'équilibre thermique ou élastique est caractérisé par l'égalité de température ou de pression ; l'équilibre électrique est caractérisé par l'égalité de potentiel électrique.

Cette notion de l'équilibre électrique et de l'égalité de

potentiel n'implique pas nécessairement que les deux corps comparés doivent finalement avoir même température et même pression, comme dans le cas qui vient d'être cité. Au lieu de rompre, à la fois, les trois liaisons isolant les deux corps entre eux, on aurait pu n'en rompre qu'une seule, celle qui isole les deux corps au point de vue électrique ; pendant le changement spontané qui s'opérera, chacun des corps conservera un volume invariable, et ils n'échangeront entre eux ou avec l'extérieur aucune quantité de chaleur. La température et la pression prendront une nouvelle valeur dans chacun d'eux, quand l'équilibre électrique sera réalisé. Si les deux corps ne sont pas primitivement en équilibre électrique, on le constatera en plaçant successivement dans un diélectrique une certaine quantité de ces deux corps présentant à la fois la même forme et le même volume : le champ qu'ils créeront dans ce diélectrique *ne sera pas le même*. L'expérience apprend, au contraire, que, quand ils se sont mis en équilibre par *conduction électrique*, les quantités de même forme et de même volume créeront dans le diélectrique deux champs *identiques*. Les deux corps ont alors, par définition, même potentiel électrique.

5. *Loi de l'équilibre électrique.* — C'est encore un fait d'expérience que si deux corps sont en équilibre électrique avec un troisième, ils sont aussi en équilibre électrique entre eux, de sorte que tous les corps en équilibre électrique ont même potentiel, et que deux corps qui ne sont pas en équilibre ont des potentiels inégaux ou différents.

Les changements provoqués, quand deux corps complètement isolés de l'extérieur et de potentiels différents sont mis en relation par simple conduction électrique, ne modifient pas l'énergie de l'ensemble. Comme ces deux corps sont aussi isolés entre eux au point de vue thermique et au point de vue élastique, ils n'échangent, non plus, entre eux, aucune quantité d'énergie sous forme de chaleur ou de travail mécanique, et le phénomène se réduit à un

simple transport d'énergie sous forme électrique de l'un à l'autre corps.

6. *Loi de la conductioné lectrique.* — Enfin, un autre fait d'expérience très important, c'est que, si l'on considère un nombre quelconque de corps qui peuvent être de même nature ou non, à des températures et à des pressions différentes ou non, mais soumis à des potentiels différents, on peut les ranger, et d'une seule façon, dans un ordre tel que l'action successive de deux quelconques de ces corps A et C, par conduction électrique, sur un troisième B placé entre eux deux, fera subir à ce dernier deux changements inverses qui pourront se compenser et le ramener à son état primitif. Au contraire, deux corps A et B, mis successivement en relation avec un troisième C, placé avant ou après eux dans l'ordre établi, ne pourront jamais ramener le corps C à son état primitif ; la double opération exécutée sur ce dernier ne fera, en quelque sorte, que l'éloigner davantage de cet état primitif.

Cette loi conduit à considérer les potentiels comme des quantités susceptibles de s'échelonner dans un sens parfaitement déterminé.

Il résulte d'abord de l'action des deux corps A et C sur le corps intermédiaire B que, si celui-ci reçoit par conduction électrique de l'énergie du corps A, il en cède au corps C, ou inversement : par suite, l'ordre général établi entre tous ces corps est l'ordre dans lequel ils échangent leur énergie par conduction électrique, en sorte que l'un quelconque d'entre eux reçoit, par exemple, de l'énergie de tous ceux qui le précèdent, tandis qu'il en cède à tous ceux qui le suivent.

L'ordre ainsi défini sera l'ordre de décroissance des potentiels, et nous dirons que l'énergie passe par conduction électrique des corps de potentiel plus élevé aux corps de potentiel moins élevé, pour arriver à établir l'équilibre électrique par l'uniformité du potentiel.

7. *Sources d'électricité.* — Quand l'un des deux corps

possède une masse incomparablement plus grande que celle de l'autre corps, l'équilibre électrique s'établit sans que l'état du premier se soit sensiblement modifié. Son potentiel, qui devient en même temps celui du second, n'aura, pour ainsi dire, pas varié. Un semblable corps, supposé complètement isolé de l'extérieur, est une *source d'électricité*. C'est un très grand réservoir d'électricité qui communique son potentiel sensiblement invariable aux corps avec lesquels on le met en relation par conduction électrique seulement. Une source ainsi comprise ne conserve pas un potentiel rigoureusement constant, et ne subit pas, par conséquent, ce que l'on appelle une *transformation équipotentielle*, quand on la met en communication électrique avec d'autres corps. Il faudrait pour cela qu'elle fût de masse infinie et de conductibilité parfaite. Aussi vaut-il mieux donner de la source électrique une définition plus scientifique, en la supposant de masse finie, de conductibilité parfaite, isolée seulement au point de vue électrique du milieu environnant, qui continuera à lui transmettre des actions calorifiques ou mécaniques, capables de maintenir son potentiel constant, quand on la mettra en communication électrique avec les corps à étudier. On verra au chapitre suivant qu'on peut toujours imaginer des actions calorifiques ou mécaniques propres à obtenir ce résultat. Observons, dès maintenant, que les pôles d'une pile de force électromotrice constante, sont des sources d'électricité, mais à faible potentiel.

CHAPITRE III

LES TRANSFORMATIONS RÉVERSIBLES

1. *Transformations réversibles d'un corps homogène et isotrope, soumis à des actions mécaniques thermiques et électriques.* — Ce n'est pas ici le lieu de développer les

notions de réversibilité et d'irréversibilité ; nous nous bornerons à rappeler que pour faire subir à un corps une transformation réversible, il faut supposer que ce corps est successivement mis en rapport thermique, élastique et électrique avec des milieux de température, de pression et de potentiel infiniment peu différents de sa température propre, de sa pression et de son potentiel au moment considéré, chaque opération élémentaire étant prolongée pendant une durée suffisante pour que ce corps se mette absolument en équilibre avec le nouveau milieu qui le reçoit.

Parmi les transformations réversibles qu'un corps peut subir, il en existe quelques-unes de simples dont l'examen présente le plus grand intérêt, car elles permettent d'analyser les transformations les plus complexes. Nous allons nous y arrêter quelque temps.

Ces transformations sont obtenues par la mise en communication du corps avec deux espèces de sources, sources d'électricité et sources de chaleur, sources d'électricité et sources d'énergie mécanique, sources d'énergie mécanique et sources de chaleur. Chacun de ces trois cas se subdivise en deux cas simples, définis par cette condition que, des deux espèces de sources qui provoquent la transformation du corps, il y en aura une qui sera toujours la même, en sorte que dans les six cas à considérer, la transformation sera équipotentielle, isotherme ou isobare. L'autre source sera variable, et changera infiniment peu de tension, après chaque modification élémentaire du corps. Ces six transformations présentent le caractère commun qu'on peut les figurer graphiquement par une courbe continue qui ne revient jamais sur elle-même pour se couper. Ses points successifs, parcourus dans un sens ou dans l'autre, représentent toutes les phases possibles de la transformation du corps, qui ne peut revenir à un état antérieur, qu'en parcourant en sens inverse le cycle déjà décrit. En outre, en parcourant ce cycle sans revenir à un état

antérieur, le corps échangera toujours dans un seul et même sens, de l'énergie avec chacune des deux sources. Cela résulte de ce que chaque échange élémentaire d'énergie entre ce corps et l'une des deux sources, détermine l'échange correspondant avec l'autre.

L'état du corps est défini, au point de vue de ses propriétés thermiques, élastiques et électriques, par ses trois tensions, température, pression et potentiel. Toutes les autres grandeurs susceptibles de mesure, et qui sont déterminées dans chaque état particulier du corps, son volume, son entropie, etc., sont des fonctions de ces trois variables. On peut donc figurer chacun de ces états par une représentation graphique au moyen d'un point rapporté à un système d'axes oT des températures, oP des pressions, oE des potentiels, et dont les trois coordonnées fixeront les tensions correspondant à l'état considéré. C'est à ce système d'axes que nous rapporterons les lignes de transformation que nous allons maintenant étudier.

2. *Transformations d'un corps isolé au point de vue mécanique.* — Il en existe, comme nous l'avons dit, deux cas simples, et qu'il y a intérêt à examiner.

Transformation équipotentielle. Un corps isolé au point de vue mécanique, c'est-à-dire, conservant un volume constant, est mis en communication permanente, par conduction électrique seulement, avec une source d'électricité de même potentiel, et, successivement, en communication, par conduction thermique, avec des sources de chaleur dont les températures varieront d'une façon continue. Ce corps subira évidemment une transformation bien déterminée, échangeant de l'énergie, sous forme d'électricité avec la source unique d'électricité, et sous forme de chaleur avec les sources successives de chaleur qui sont mises en relation avec lui. Si l'on ne veut pas que cette transformation revienne sur ses pas, il faudra que les températures des sources de chaleur aillent toujours en croissant ou toujours en décroissant : le corps ne repassera

alors jamais par un état qu'il aurait antérieurement pris. Son potentiel restera constant, mais sa pression et son entropie varieront avec sa température et seront, à chaque instant, fonctions bien définies de cette température.

Suivant que les températures des sources de chaleur iront en croissant ou en décroissant, le corps absorbera ou cédera constamment de la chaleur ; il n'échangera de l'énergie calorifique avec ces diverses sources que dans un seul et même sens ; comme nous l'avons dit plus haut, il n'échangera aussi avec la source unique d'électricité de l'énergie électrique que dans un seul et même sens ; sans quoi, au moment où ce sens tendrait à changer, subordonnons l'action de la source de chaleur à l'action de la source d'électricité : en faisant varier infiniment peu le potentiel de cette dernière, elle continuerait à échanger avec le corps de l'énergie dans le même sens que précédemment, ce qui intervertirait le sens de l'échange calorifique ; or ce changement de sens dans l'échange calorifique ne peut que faire revenir la transformation sur ses pas ; il ne peut pas provoquer entre le corps et la source unique d'électricité un échange indéterminé d'énergie électrique qui serait indifféremment positif ou négatif ; l'hypothèse supposée est donc inadmissible, et pendant que le point figuratif de l'état du corps décrit une ligne équipotentielle bien définie, les sources de chaleur comme la source unique d'électricité n'échangent de l'énergie avec le corps expérimenté que dans un seul sens.

Le corps n'échange de l'énergie calorifique qu'avec les sources de chaleur ; suivant qu'il sera soumis à une variation positive ou négative de température, il recevra ou perdra de la chaleur, et *l'accroissement de son entropie sera de même signe que l'accroissement de sa température.*

Ce corps qui est de dimensions finies, peut être considéré lui-même comme une *source d'électricité* dont le potentiel demeure constant malgré les échanges d'énergie électrique qu'il peut faire avec les corps à étudier grâce à

ses relations avec des sources de chaleur de températures convenables.

Transformation isotherme. Au lieu de mettre le corps dont le volume reste constant, en communication permanente avec une source d'électricité, mettons-le en communication permanente avec une source de chaleur ayant sa température initiale, et, successivement, en communication avec des sources d'électricité dont les potentiels varieront d'une façon continue et toujours dans le même sens. Ce corps subira encore une tranformation bien définie sans jamais revenir à un état antérieur, échangeant, comme dans le cas précédent, et dans un sens constant, de l'énergie sous forme de chaleur et d'électricité, mais avec une seule source de chaleur et avec les diverses sources d'électricité qui sont successivement mises en relation avec lui. Sa température demeurera constante, mais sa pression et son entropie varieront avec son potentiel.

Ce corps n'échange de l'énergie électrique qu'avec les sources d'électricité ; suivant qu'il sera soumis à une variation positive ou négative de potentiel, il recevra ou perdra de l'énergie électrique. Cela signifie, comme on le verra dans la suite, que *la variation de sa quantité d'électricité est de même signe que la variation de son potentiel* dans un des éléments de sa transformation.

3. *Transformations d'un corps isolé au point de vue thermique.* — Deux transformations simples sont ici à considérer.

Transformation équipotentielle. Le corps, étant isolé au point de vue thermique, conserve une entropie constante. On le met en communication permanente avec une source d'électricité de même potentiel, et on le soumet à des pressions progressivement croissantes ou décroissantes qui feront varier son volume dans un sens constant, négatif ou positif. Il subit encore une transformation bien déterminée sans jamais repasser par les mêmes états,

échangeant avec la source unique d'électricité de l'énergie dans un seul et même sens, tandis qu'il effectue ou consomme constamment du travail mécanique. Son potentiel reste constant, mais sa température et son volume varient avec sa pression et sont, à chaque instant, fonctions définies de cette pression.

Le corps ne reçoit ou ne perd de l'énergie sous forme mécanique, qu'en raison des pressions qu'il supporte, et des variations de volume qui y correspondent ; dans toute transformation élémentaire qu'il subit, *la variation de son volume est de signe contraire à la variation de sa pression.*

Ce corps est encore un type de *source d'électricité.* Une telle source est donc un corps, en principe complètement isolé de l'extérieur : son isolement n'est rompu, au point de vue électrique, que pour le mettre en communication avec les corps à étudier, et, au point de vue élastique ou mécanique, que pour lui imposer les variations de pression nécessaires à la conservation de son potentiel.

Transformation à pression constante ou isobare. Le corps ayant toujours une entropie constante, au lieu de le mettre en relation permanente avec une source d'électricité, plaçons-le dans un milieu élastique, de pression constante, ayant sa pression initiale, et mettons-le successivement en communication avec des sources d'électricité dont les potentiels varieront d'une façon continue et toujours dans le même sens. Ce corps subira une transformation bien définie, sans jamais revenir à un état antérieur, puisque son potentiel croît ou décroît constamment. Sa pression demeure invariable, mais sa température et son volume varient avec son potentiel, et restent fonctions de ce potentiel. Pendant toute la durée de la transformation, le corps effectuera constamment ou consommera constamment du travail, tandis qu'il absorbera constamment ou cédera constamment de l'énergie électrique.

Il n'échange de l'énergie électrique qu'avec les sources d'électricité ; suivant qu'il sera soumis à une variation

positive ou négative de potentiel, il recevra ou perdra de l'énergie électrique. Cela signifie, comme on le verra dans la suite, que *la variation de sa quantité d'électricité est de même signe que la variation de son potentiel*, dans une quelconque de ses transformations élémentaires.

4. *Transformations d'un corps isolé au point de vue électrique.* — Il existe deux transformations simples d'un corps isolé au point de vue électrique. Ce qui reste invariable dans chacune d'elles, c'est la quantité d'électricité contenue dans le corps, ainsi qu'on le comprendra, quand nous aurons pu définir la quantité d'électricité.

Transformation isotherme. Mettons le corps en relation permanente avec une source de chaleur de même température, et soumettons-le à des pressions progressivement croissantes ou décroissantes qui feront varier son volume dans un sens constant négatif ou positif. Il subira une transformation définie sans jamais repasser par les mêmes états. Sa température restera constante, mais son potentiel, son volume et son entropie varieront avec sa pression en restant des fonctions déterminées de cette pression. Pendant toute la durée de la transformation, le corps absorbera ou cédera constamment de la chaleur, pendant qu'il consommera ou effectuera constamment du travail mécanique.

Ce corps n'échange de l'énergie sous forme de travail qu'en raison des pressions qu'il supporte, et dans chacun des éléments de la transformation qu'il subit, *les variations de son volume sont de signes contraires aux variations de sa pression.*

Transformation à pression constante. Supposons le corps placé dans un milieu élastique, de pression constante et dont il subit l'action : mettons-le successivement en relation avec des sources de chaleur dont les températures varieront d'une façon continue et toujours dans un même sens. Ce corps subira encore une transformation définie sans jamais revenir à des états antérieurs. Sa

pression demeure invariable, mais son potentiel, son volume et son entropie varieront avec sa température en restant des fonctions définies de cette température. Comme dans le cas précédent, le corps absorbera ou cédera constamment de la chaleur, tandis qu'il consommera ou effectuera constamment du travail mécanique.

Ce corps n'échange de l'énergie calorifique qu'avec les sources de chaleur : suivant qu'il sera soumis, dans une de ses transformations élémentaires, à une variation positive ou négative de température, il recevra ou perdra de la chaleur, son entropie augmentera ou diminuera, en sorte que *ses variations de température sont toujours de même signe que ses variations d'entropie.*

5. *Lois de déplacement de l'équilibre.* — Les considérations développées au sujet des six transformations simples que nous venons d'examiner, nous ont permis de formuler quelques lois, que l'on appelle *lois de déplacement de l'équilibre.* On peut les résumer comme il suit :

Quand un corps subit une transformation élémentaire réversible, 1° si son volume et son potentiel ou si sa quantité d'électricité et sa pression restent constants, son entropie et sa température varieront dans le même sens ; 2° si son volume et sa température ou si son entropie et sa pression restent constants, sa quantité d'électricité et son potentiel varieront dans un même sens ; 3° si son entropie et son potentiel ou si sa quantité d'électricité et sa température restent constants, sa pression et son volume varieront en sens contraire.

6. *Surfaces de transformation.* — Des lignes simples de transformation réversible d'un corps dérivent des surfaces simples qu'il importe aussi d'étudier. Il en existe également six. Trois d'entre elles se rapportent à l'isolement du corps à l'un des points de vue mécanique, thermique ou électrique : ce sont, suivant l'expression imaginée par Rankine, des surfaces *adiabatiques.* Les trois autres sont des surfaces de transformation à tension fixe,

surfaces isobares ou de transformation à pression constante, surfaces isothermes et surfaces équipotentielles.

7. *Surfaces adiabatiques.* — Nous avons vu qu'à la transformation d'un corps isolé au point de vue mécanique correspondaient deux lignes simples, ligne équipotentielle et ligne isotherme. On peut considérer la surface adiabatique d'isolement au point de vue mécanique comme engendrée par l'une quelconque de ces espèces de lignes, le point de départ de chacune d'elles étant pris sur une ligne fixe de l'espèce différente. Cette surface sera donc engendrée indifféremment par une ligne variable équipotentielle ou isotherme s'appuyant sur une ligne fixe isotherme ou équipotentielle, deux génératrices quelconques ne pouvant se couper, puisqu'elles correspondent à des tensions différentes.

La transformation la plus générale d'un corps isolé au point de vue mécanique, c'est-à-dire maintenu à volume constant, et qui ne peut être en relation qu'avec des sources de chaleur et d'électricité, est représentée par une ligne tracée sur cette surface, décomposable elle-même en éléments successifs équipotentiels et isothermes, répondant aux communications qui sont faites du corps avec des sources d'électricité et de chaleur. Deux de ces surfaces correspondant à des volumes différents du corps, ne peuvent se couper, ni même avoir un seul point commun, ce qui indiquerait que, par des transformations opérées sur ces deux surfaces, le corps peut revenir dans le même état, et, par conséquent, sous le même volume.

A la transformation d'un corps isolé au point de vue thermique, correspondent deux lignes simples, ligne équipotentielle et ligne isobare. La surface adiabatique d'isolement au point de vue thermique est engendrée par une ligne variable équipotentielle ou isobare s'appuyant sur une ligne fixe de l'espèce différente. Deux génératrices quelconques correspondant à des potentiels ou à des pressions différents, ne peuvent évidemment se rencontrer.

La transformation la plus générale d'un corps dont l'entropie demeure invariable est représentée par une ligne tracée sur cette surface et décomposable en éléments équipotentiels et isobares qui correspondent aux communications qui sont faites du corps avec des sources d'électricité ou de force élastique. Deux de ces surfaces adiabatiques relatives à des entropies différentes du corps ne peuvent se rencontrer.

Enfin à la transformation d'un corps isolé au point de vue électrique correspondent deux espèces de lignes simples, lignes isothermes et lignes isobares. Les lignes d'une de ces espèces s'appuyant, sans jamais pouvoir se rencontrer, sur une ligne fixe de l'autre espèce, engendreront une surface adiabatique d'isolement au point de vue électrique. Toute ligne tracée sur cette surface représente la transformation la plus générale que puisse subir un corps qui n'est mis en relation qu'avec des sources de chaleur et de force élastique, à l'exclusion de toute source d'électricité ; elle est décomposable en éléments isothermes et isobares correspondant aux communications du corps avec les deux espèces de sources. On verra au chapitre suivant que deux surfaces adiabatiques d'isolement au point de vue électrique ne peuvent se rencontrer.

8. *Surfaces équipotentielles, isobares et isothermes.* — Nous avons vu qu'un corps, isolé au point de vue mécanique, qui serait en relation permanente avec une source d'électricité, et, successivement, en relation avec des sources de chaleur de températures croissantes ou décroissantes, subirait une transformation, qu'on peut représenter par une ligne équipotentielle. Un corps isolé au point de vue thermique, et mis également en relation permanente avec la même source d'électricité, mais successivement soumis à des pressions croissantes ou décroissantes, subit encore une transformation représentée par une ligne équipotentielle, mais d'espèce différente de la première. La surface engendrée par l'une de ces deux espèces de lignes,

dont les origines successives sont prises sur une ligne fixe de l'autre espèce, est une *surface équipotentielle*. Une ligne quelconque tracée sur cette surface, et qu'on peut décomposer en éléments équipotentiels alternativement des deux espèces, représente la transformation réversible la plus générale qu'un corps mis en relation permanente avec une source d'électricité de potentiel donné puisse subir, moyennant ses relations avec des sources de chaleur et de force élastique. Deux surfaces répondant à deux potentiels différents ne peuvent évidemment avoir aucun point commun.

Nous avons reconnu l'existence de deux espèces de lignes isobares, suivant qu'un corps maintenu à pression constante est mis en relation avec des sources d'électricité ou avec des sources de chaleur. La surface engendrée par une de ces espèces de lignes s'appuyant sur une ligne fixe de l'autre espèce est une *surface isobare*. Toute ligne tracée sur elle, et que l'on peut décomposer en éléments alternativement de l'une et de l'autre espèce, représente la transformation la plus générale qu'un corps maintenu à pression constante puisse subir, moyennant ses rapports avec des sources de chaleur et d'électricité. Deux surfaces isobares, relatives à des pressions différentes, ne peuvent évidemment se rencontrer.

Enfin nous avons rencontré deux espèces de lignes isothermes, suivant qu'un corps mis en communication permanente avec une source de chaleur, était soumis à l'action de sources d'électricité ou de force élastique. Ces lignes, pour une température donnée, appartiennent à une même *surface isotherme*. Les surfaces relatives à deux températures différentes ne peuvent se rencontrer. Toute ligne tracée sur l'une d'elles représente la transformation la plus générale qu'un corps maintenu à température constante puisse subir, moyennant ses relations avec des sources d'électricité et de force élastique.

9. *Le cycle de Carnot.* — La thermodynamique doit à

Sadi Carnot la conception d'un cycle de transformation qui porte son nom, et qui est bien connu. Appliqué aux phénomènes thermo-élastiques, il est représenté par un quadrilatère plan dont les côtés opposés sont formés de deux lignes isothermes et de deux lignes adiabatiques. La considération de ce cycle a trop contribué au développement de la science de l'énergie pour manquer d'examiner ici ce qu'il devient, quand on veut le généraliser, et l'appliquer aux phénomènes qui mettent en jeu non seulement la chaleur et l'élasticité mais encore l'énergie électrique.

Considérons, d'une part, deux surfaces équipotentielles, isobares ou isothermes, et, d'autre part, deux surfaces adiabatiques correspondantes, c'est-à-dire, d'isolement au point de vue électrique dans le premier cas, d'isolement mécanique dans le second cas, et enfin d'isolement au point de vue thermique dans le dernier cas : Ces surfaces se coupent suivant quatre lignes courbes formant les arêtes d'un prisme quadrangulaire. Nous appellerons cycle de Carnot le cycle de transformation correspondant à une courbe fermée faisant le tour de ce prisme, et tracé sur sa surface. Il y en a donc trois espèces ; la troisième est celle qui se rapproche le plus de la conception de Carnot ; elle la traduit rigoureusement si le cycle décrit est une section plane du prisme parallèle au plan TOP. Mais nous aurons surtout à faire l'application du premier de ces cycles : il correspond à deux transformations équipotentielles s'opérant, chacune, à l'aide de sources de chaleur et de force élastique à tensions variables, et d'une seule source d'électricité, ces transformations étant comprises entre deux transformations adiabatiques pendant lesquelles toute communication du corps expérimenté est suspendue avec des sources d'électricité.

CHAPITRE IV

PRINCIPE DE CONSERVATION DE L'ÉLECTRICITÉ

1. *Conservation de la chaleur dans la conduction thermique.* — Considérons des sources d'électricité de dimensions finies, et qui seraient, par exemple, du deuxième type indiqué au chapitre précédent. Ce sont des corps isolés au point de vue thermique ; le potentiel de chacune d'elles reste constant, quand elle est mise en relation électrique *seulement* avec les corps à étudier, moyennant les variations de pression auxquelles on la soumet, et qui lui font exécuter un travail positif ou négatif, suivant que cette pression diminue ou augmente, en même temps que son volume augmente ou diminue.

Il existe entre les propriétés des sources de chaleur d'une part, et d'autre part, les propriétés des sources d'électricité ou des sources de force élastique une différence essentielle qui tient à la nature très spéciale de la forme d'énergie que représente la chaleur. L'énergie calorifique se conserve dans la conduction, mais donne lieu à une dissipation d'entropie. Pour toutes les autres formes de l'énergie, l'inverse se produit. L'énergie électrique, l'énergie élastique se dissipent dans la conduction ; et ce que l'on pourrait appeler l'entropie électrique ou élastique, c'est-à-dire, la quantité d'électricité et le volume se conservent.

Le développement de cette idée sur laquelle nous revenons conduit à une conclusion très importante.

Que deux sources de même nature, et à des tensions différentes, soient toutes deux sources de chaleur, d'électricité ou de force élastique, on ne conçoit leur mise en relation pour une transmission d'énergie sous forme de chaleur d'électricité ou de force élastique, qu'à l'aide d'un canal de communication de conductibilité médiocre, et

isolé de l'extérieur au point de vue thermique, électrique ou élastique.

S'il s'agit de deux sources de chaleur, il s'établira entre ces sources un régime permanent, et toute quantité de chaleur abandonnée par la source chaude sera intégralement versée à la source froide. C'est qu'en effet l'énergie qui rentre dans le canal de communication ayant déjà la forme dégradée de chaleur ne peut s'y dissiper, et quitte sans perte ce canal pour arriver dans la source froide.

2. *Dissipation de l'énergie électrique et de l'énergie élastique dans les phénomènes de conduction.* — S'il s'agit, au contraire, de deux sources d'électricité qui ne doivent échanger de l'énergie que sous forme électrique, on ne peut les mettre en relation par un canal de conductibilité parfaite, qui tendrait à rétablir entre ces deux sources, et, pour ainsi dire, instantanément, l'équilibre de potentiel : on ne distingue pas comment, dans ce cas, des actions thermiques ou élastiques, et élastiques s'il s'agit de sources du type indiqué plus haut, pourraient maintenir les deux réservoirs d'électricité à des potentiels constants et différents. Le canal de communication devra donc être d'une matière imparfaitement conductrice de l'électricité ; il sera le siège d'une transformation irréversible qui ne peut s'opérer sans dissipation de l'énergie en chaleur ; et s'il est complètement isolé, sa température ira constamment en croissant. Mais si l'isolement thermique est supprimé, il s'établira dans ce canal de volume invariable un régime permanent, grâce à la chaleur qu'il cédera au milieu environnant. On aura réalisé dans ce canal une machine fonctionnant avec une seule source de chaleur, le milieu environnant, et qui, dès lors, doit céder de la chaleur à cette source, ainsi que nous le savons par un principe de la théorie de la chaleur (1).

(1) Voir l'ouvrage de l'auteur : *Chaleur et Énergie*, ch. II, p. 39.

De toute l'énergie abandonnant la source de potentiel supérieur sous forme d'électricité, une partie sera donc toujours transformée en chaleur sur son trajet dans le canal de communication avant d'arriver à la source de potentiel inférieur ; et cette dernière source ne recevra que la fraction restante de l'énergie électrique cédée par la source de potentiel supérieur. C'est, implicitement, comme on le verra dans la suite, la loi de Joule sous sa forme la plus générale, qui apparaît ici comme une conséquence obligée des principes fondamentaux de la science de l'Énergie.

On observe des phénomènes analogues entre deux sources de forces élastiques P_1 et P_2, quand on les met en relation par l'interposition d'un corps imparfaitement élastique, dont le volume est maintenu constant. Il s'établira d'abord dans ce corps des pressions variant de P_1 à P_2 entre ses points de contact avec les deux sources; l'équilibre de pression qui tend à se rétablir dans sa masse par une transformation irréversible, est continuellement empêché par l'action des sources qui maintiennent les pressions P_1 et P_2 à leurs points de contact, la source de pression supérieure P_1 gagnant à chaque instant sur le corps intermédiaire le volume Δv que celui-ci gagne lui-même sur la source de pression inférieure. De toute l'énergie élastique, $P_1 \Delta v$, qui quitte la première source, n'arrive à la seconde que la fraction $P_2 \Delta v$; le reste, $(P_1 - P_2) \Delta v$ s'est dissipé en chaleur dans le corps intermédiaire, qui s'échauffera progressivement, s'il est thermiquement isolé. Mais si cet isolement est rompu, il s'établira dans le corps un régime permanent, et il réalisera encore une machine fonctionnant avec une seule source de chaleur, le milieu qui l'environne. Ce milieu recevra toute l'énergie provenant de la source de pression supérieure qui se transforme en chaleur sans pouvoir atteindre la source de pression inférieure sous la seule forme qui lui permettrait d'entrer dans cette source.

Mais, si de l'énergie s'est dissipée sur le trajet de cette transmission, le volume gagné dans l'une des sources par cette opération est rigoureusement compensé par le volume perdu dans l'autre ; il y a eu conservation de l'entropie élastique, c'est-à-dire du volume.

Il nous reste à mettre en lumière que, dans une transmission d'énergie sous forme électrique entre deux sources à des potentiels différents, il y a aussi quelque chose qui se conserve, c'est l'entropie électrique, que l'on appelle *la quantité d'électricité*. Déjà nous avons été amené à en parler par anticipation ; ce que nous en avons dit paraîtra plus net au lecteur, quand il aura lu la suite de ce chapitre.

3. *Principe fondamental.* — La notion de la quantité d'électricité dérive d'un principe que l'on peut appeler le *principe de la conservation de l'électricité*, et que nous énoncerons comme il suit :

Une machine qui fonctionne avec une seule source d'électricité la ramène à son état initial à chaque période de son évolution complète.

Nous appelons machine un corps ou système de corps qui se transforme suivant un cycle fermé le ramenant identiquement à son état initial, en sorte que son évolution peut s'effectuer dans les mêmes conditions un nombre quelconque de fois. Cette machine fonctionne sous l'action d'agents extérieurs, notamment sous l'action de sources de chaleur, d'électricité, de force élastique. Le principe qui vient d'être formulé suppose l'intervention d'une seule source d'électricité ; les autres peuvent être en nombre quelconque, et le système formant la machine peut être le siège de phénomènes intérieurs les plus divers, mettant en jeu toutes les formes naturelles de l'énergie. Son cycle de transformation peut donc être réversible ou irréversible.

De ce principe découlent les conséquences suivantes :

1er COROLLAIRE. — *Deux surfaces adiabatiques d'isolement au point de vue électrique, relatives à la transforma-*

tion d'un même corps, ne peuvent avoir un point de commun sans se confondre.

C'est la proposition que nous avons déjà annoncée à la fin du chapitre précédent.

Supposons que ces deux surfaces puissent se couper ou seulement avoir, au moins, un point de commun C. Par un point A de l'une d'elles passe une ligne équipotentielle correspondant, par exemple, à la transformation du corps, quand, étant isolé au point de vue thermique, il est mis en communication avec une source d'électricité et soumis à une pression variable. Cette ligne prolongée d'un côté convenable rencontrera la deuxième surface adiabatique en un point B, et pendant la transformation qu'elle représente, le corps échangera avec la source d'électricité de l'énergie électrique toujours dans un même sens, tandis qu'il effectuera ou consommera constamment du travail mécanique. Joignons les points A et B au point C par une ligne quelconque tracée dans chacune des deux surfaces adiabatiques ; nous aurons ainsi formé un cycle fermé ABCA, que l'on pourra faire décrire au corps ; or, pendant sa transformation, le corps ne serait en relation qu'avec une seule source d'électricité, à laquelle il prendrait ou céderait de l'énergie et qui, par suite, ne pourrait être ramenée à son état initial, une fois le cycle décrit, ce qui est impossible d'après le principe de conservation de l'électricité, à moins que les points A et B ne soient sur une même surface adiabatique, ce qui démontre le corollaire.

2° Corollaire. — *Une machine fonctionnant avec plusieurs sources d'électricité, s'il en existe une dont l'état soit modifié par l'évolution de la machine, il en existera au moins encore une autre qui sera modifiée en sens inverse, l'une recevant et l'autre perdant de l'énergie.*

Si toutes les sources modifiées avaient gagné de l'énergie, en mettant successivement celle de potentiel le moins élevé en communication électrique avec les autres, ces dernières pourraient être ramenées à leur état initial, et

formeraient avec la machine donnée une machine complexe fonctionnant avec une seule source, la source de potentiel le moins élevé, qui aurait reçu de la machine donnée et des autres sources une certaine quantité d'énergie, ce qui est impossible d'après le principe de conservation.

Si toutes les sources modifiées avaient perdu de l'énergie électrique, en mettant celle de potentiel le plus élevé en relation électrique avec les autres, de façon à ramener ces dernières à leur état initial, on réaliserait une machine complexe fonctionnant avec une seule source, celle de potentiel le plus élevé, qui aurait perdu de l'énergie électrique, ce qui est encore impossible ; et le corollaire est ainsi démontré.

Si la machine ne fonctionne qu'avec deux sources, l'une recevant ou perdant de l'énergie électrique, l'autre en perd ou en reçoit.

3e Corollaire. — *Dans une machine fonctionnant entre deux sources d'électricité, le rapport de la quantité d'énergie électrique puisée à l'une des sources à la quantité d'énergie électrique versée à l'autre, est indépendant de la nature des systèmes employés dans les opérations.*

Soit une machine qui prend une quantité Q_1 (positive ou négative) d'énergie électrique à une source S_1, pour en verser une quantité Q_0 à une autre S_0 de potentiel différent. Accouplons cette machine à une machine de Carnot fonctionnant entre les mêmes sources d'électricité, et qui cède la quantité Q_1 d'énergie électrique à la source S_1, de manière à la ramener à son état initial après une évolution de chacune des deux machines. La machine de Carnot recevra de la source S_0 la quantité Q_0 d'énergie versée par la machine donnée, puisque celle-ci forme avec la machine de Carnot et la source S_1 une machine complexe fonctionnant avec la seule source S_0, qui doit revenir à son état initial d'après notre principe.

Si maintenant la machine donnée est remplacée par une autre, prenant une quantité $Q'_1 = \frac{m}{n} Q_1$ d'énergie à la

première source S_1, elle versera une quantité $Q'_0 = \frac{m}{n} Q_0$ d'énergie à la seconde source S_0, car, si l'on accouple encore cette machine avec la même machine de Carnot, la première faisant n évolutions pendant que la seconde en exécute m dans un sens convenable, la source S_0 devra encore être ramenée à son état initial, ce qui s'exprime par l'égalité à démontrer

$$n\, Q'_0 = m\, Q_0.$$

4e Corollaire. — *La quantité d'énergie électrique échangée par une machine de Carnot avec chacune des sources qui la font fonctionner, est indépendante de la voie équipotentielle par laquelle se fait l'échange.*

Étant données les deux surfaces équipotentielles et les deux surfaces adiabatiques d'isolement au point de vue électrique entre lesquelles fonctionne cette machine, le cycle qu'elle peut décrire n'est pas encore défini : il comprend notamment deux lignes équipotentielles quelconques $A_1 B_1$ et $A_0 B_0$ tracées sur les deux surfaces équipotentielles et comprises, chacune, entre les deux surfaces adiabatiques. A la partie du cycle de la machine que définit chacune de ces lignes, correspond un échange d'énergie électrique Q_1 ou Q_0 entre la machine et l'une ou l'autre source S_1 ou S_0. D'après le corollaire précédent, le rapport $\frac{Q_1}{Q_0}$ est déterminé : laissons fixe la ligne $A_0 B_0$, ce qui ne changera pas Q_0, et faisons varier la ligne $A_1 B_1$; quelle que soit cette dernière ligne, la machine échangera, avec la source S_1, la même quantité Q_1 d'énergie, puisque le rapport $\frac{Q_1}{Q_0}$ est invariable. Nous aurions pu, de même, laisser fixe la ligne $A_1 B_1$, et voir que, quelle que fût la ligne $A_0 B_0$, la machine échangerait aussi, avec la source S_0, la même quantité Q_0 d'énergie électrique, ce qui établit le corollaire.

5e Corollaire. — *Dans une machine qui fonctionne entre deux sources, la plus grande quantité d'énergie électrique est échangée avec la source de potentiel le plus élevé.*

C'est, pour ainsi dire, évident, si c'est la source de potentiel le plus élevé qui reçoit de l'énergie, car, en la mettant en relation électrique avec l'autre jusqu'à ce qu'elle soit ramenée à son état primitif, cette dernière, qui aura reçu moins d'énergie que n'en aura perdu la première, sera également revenue à son état primitif d'après notre principe, puisque la machine donnée et la source de potentiel le plus élevé peuvent être considérées comme formant une nouvelle machine fonctionnant avec la seule source de potentiel le moins élevé.

Si la source de potentiel le plus élevé perd de l'énergie, une machine de Carnot qui lui restituerait l'énergie cédée prendrait à l'autre source la quantité d'énergie versée par la machine donnée. Or, d'après ce qui vient d'être dit, cette machine de Carnot verse plus d'énergie qu'elle n'en reçoit ; la machine donnée reçoit donc de la source de potentiel supérieur plus d'énergie électrique qu'elle n'en cède à l'autre source ; et la proposition est démontrée.

4. *Échelle absolue des potentiels.* — L'application de ces corollaires à une machine de Carnot va nous conduire à la notion scientifique du potentiel considéré comme *quantité mesurable*, et nous apprendre à déterminer numériquement le potentiel d'un corps quelconque. Deux choses restent arbitraires, par exemple, le potentiel qui nous servira de point de départ et le nombre qui mesurera ce potentiel. Nous verrons du même coup, ce que l'on doit entendre par la quantité d'électricité considérée également comme quantité mesurable.

Supposons que le potentiel pris comme repère soit celui de la terre, et soit E_0 le nombre positif qui le mesure.

Considérons une machine de Carnot fonctionnant entre une source fixe d'électricité S_0, qui peut être tout corps conducteur en communication avec la terre, et une autre source quelconque S, dont nous voulons mesurer le potentiel E. Ce potentiel pourra être plus élevé ou moins élevé que celui de la terre ; s'il est plus élevé, la machine de

Carnot échangera, d'après le cinquième corollaire, avec la source S, une quantité d'énergie électrique Q plus grande que la quantité Q_0 échangée avec la source S_0, et d'autant plus grande que son potentiel sera plus élevé. Si le potentiel de la source S est moins élevé que celui de la terre, la machine échangera avec elle une quantité d'énergie Q plus petite que Q_0, et d'autant plus faible que son potentiel sera moins élevé. Posons

$$(1) \qquad \frac{Q}{Q_0} = \frac{E}{E_0}.$$

Cette équation détermine une valeur de E qui sera, par définition, le potentiel de la source S. Cette valeur est, d'après le troisième corollaire, indépendante de la nature des systèmes employés, machine et sources, en sorte que nous concevons ainsi une échelle absolue des potentiels, comme Lord Kelvin avait conçu l'échelle absolue des températures.

D'après ce qui vient d'être dit, E sera supérieur ou inférieur à E_0 suivant que ce nombre définira un potentiel supérieur ou inférieur à celui de la terre, en sorte que les nombres mesurant les potentiels augmenteront, comme cela doit être, dans le sens des potentiels croissants.

Au lieu de définir l'échelle absolue des potentiels par la valeur numérique E_0 assignée à un potentiel de repère, on peut la définir en assignant une valeur numérique donnée à la différence de deux potentiels parfaitement déterminés ; c'est même ainsi, comme nous le verrons dans la suite, qu'a été fixée l'unité de potentiel ; et l'on compte les valeurs relatives du potentiel par rapport à l'un des deux potentiels qui ont servi à définir l'échelle et qui peut être, par exemple, celui de la terre supposé égal à zéro.

5. *Le zéro absolu du potentiel.* — Aucune limite supérieure ne paraît imposée aux potentiels ainsi mesurés, mais on ne peut concevoir un potentiel inférieur au zéro

de cette échelle. Dire que ce potentiel pourrait s'abaisser à une valeur négative — E', c'est dire, d'après la définition même du potentiel, qu'une source d'électricité à ce potentiel, combinée avec la source de base, de potentiel E_0, dans une machine réversible de Carnot, céderait ou prendrait de l'énergie électrique à la machine en même temps que la source de base, ce qui est contraire au deuxième corollaire. Nous arrivons donc à cette conclusion, fort importante, sur laquelle l'attention ne paraît pas avoir été jusqu'ici appelée, c'est que le potentiel, comme la température, a son zéro absolu.

De même que la glace fondante, qui détermine le zéro de nos thermomètres, a une température absolue de 273°7, de même la terre a un potentiel absolu ; il n'est, peut-être, pas rigoureusement invariable comme la température de la glace fondante, et il serait intéressant de le connaître ; mais si la température correspondant au zéro de nos thermomètres a pu être déterminée, grâce aux propriétés thermo-élastiques connues des gaz parfaits, il n'en est pas de même, dans l'état actuel de la science, pour le potentiel de la terre dont nous ignorons la valeur absolue. Peut-être ces mêmes gaz parfaits, qui sont des isolants, jouissent-ils aussi de propriétés électriques simples, qui permettraient de tirer de l'observation de certains phénomènes électrostatiques le potentiel absolu de la terre.

Comment se fait-il que cette notion du potentiel absolu ait pu échapper jusqu'ici à toutes les théories électriques, et qu'aucun fait expérimental n'ait conduit à la soupçonner? On en trouve, pensons-nous, l'explication dans ce fait très probable que le potentiel absolu de la terre est déjà très élevé, et que les écarts réalisés, notamment dans les expériences d'électrostatique, sont répartis sur une très petite étendue de l'échelle absolue. Tous ces potentiels sont, sur cette échelle, rassemblés à une si grande dis-

tance de son origine, que cette distance apparaît comme infinie.

6. *La quantité d'électricité.* — Si une machine de Carnot fonctionne successivement entre diverses sources S_1, S_2,... d'électricité et la source de base S_0, en échangeant avec ces diverses sources les quantités respectives d'énergie électrique Q_1, Q_2,... Q_0, que nous supposerons d'abord prises en valeur absolue avec le signe positif, on aura, d'après (1), E_1, E_2,... E_0 étant les potentiels de ces sources,

$$\frac{Q_1}{E_1} = \frac{Q_2}{E_2} = \ldots\ldots = \frac{Q_0}{E_0} = i.$$

Ce qui prouve que, pour toute transformation équipotentielle d'un corps, comprise entre deux surfaces adiabatiques fixes, le rapport de la quantité d'énergie déplacée Q au potentiel correspondant E, est constant et égal à une quantité i, qui ne dépend que des deux surfaces adiabatiques choisies. On aura donc

$$(2) \qquad \frac{Q}{E} = i \qquad \text{et} \qquad Q = Ei.$$

E étant essentiellement positif comme la température absolue, convenons de donner à Q et i un même signe, qui sera positif ou négatif suivant que le corps aura cédé ou absorbé de l'énergie électrique.

Si le corps part d'un état A bien défini, et arrive à un autre état B également bien défini, après avoir subi une succession de transformations équipotentielles et adiabatiques au point de vue électrique, on aura, quelle que soit la suite de ces transformations.

$$\Sigma \frac{Q}{E} = \text{constante}.$$

Car chaque transformation équipotentielle peut être remplacée entre les deux mêmes surfaces adiabatiques,

par une autre transformation équipotentielle, opérée toujours sous le même potentiel E_0, en sorte que $\Sigma \frac{Q}{E}$ est égal à la quantité Q_0 d'énergie électrique cédée à ce potentiel, par le corps entre les deux surfaces adiabatiques extrêmes, cette quantité Q_0 étant divisée par le potentiel correspondant E_0. On a donc

$$\Sigma \frac{Q}{E} = \frac{Q_0}{E_0}$$

et comme, pour ce potentiel auxiliaire E_0, Q_0 ne dépend que des états extrêmes A et B du corps, et nullement des transformations équipotentielles ou adiabatiques subies dans l'intervalle, $\Sigma \frac{Q}{E}$ est bien une constante.

On peut encore supposer que les éléments des lignes équipotentielles et adiabatiques sont infiniment petits, et que le corps est successivement mis en relation avec des sources d'électricité en nombre infini et à des potentiels infiniment voisins : on réalisera ainsi la transformation réversible la plus générale par laquelle un corps puisse passer d'un état A à un autre état B.

L'équation précédente prend alors la forme

$$(3) \qquad \int_A^B \frac{dQ}{E} = i = \text{const.}$$

On voit que quand un corps passe d'un état à un autre par voie réversible quelconque, il existe une quantité i qui n'est nullement liée à la succession des états intermédiaires pris par le corps dans l'intervalle, et qui ne dépend que de ses états extrêmes. Par définition c'est la *quantité d'électricité cédée par le corps*.

7. *Mesure de la quantité d'électricité.* — Chaque fois qu'un corps subit une transformation équipotentielle au potentiel E, sa quantité d'électricité diminue ou augmente d'une unité pour chaque quantité d'énergie électrique égale à E qu'il cède ou qu'il reçoit. Chaque fois que ce

corps subit une transformation adiabatique au point de vue électrique, sa quantité d'électricité reste constante.

D'après l'équation (2) l'unité de quantité d'électricité est celle que reçoit ou cède un corps maintenu à potentiel constant, quand ce corps absorbe ou cède une quantité d'énergie électrique égale à la valeur absolue de son potentiel. Cette définition n'a qu'une portée théorique, car nous ne connaissons pas la valeur absolue du potentiel, et nous ne savons pas davantage mesurer la quantité d'énergie sortant d'un corps sous forme électrique, mais nous verrons plus loin qu'on peut définir l'unité de quantité d'électricité d'une façon plus pratique.

On conçoit difficilement qu'au cours d'une transformation équipotentielle d'un corps qui cède de l'énergie électrique, cette quantité d'énergie perdue puisse s'accroître au delà de toute limite en supposant même l'opération indéfiniment prolongée. La quantité d'électricité contenue dans un corps a donc, sans doute, une valeur déterminée et absolue, de même que ce corps a un volume, une température, un potentiel et même une entropie déterminés en valeur absolue. Ceci tendrait à prouver que, dans toute représentation graphique, les surfaces équipotentielles indéfiniment prolongées dans le sens de la diminution de la quantité d'électricité, doivent se rapprocher indéfiniment entre elles et des surfaces adiabatiques.

Quoi qu'il en soit, la valeur absolue de la quantité d'électricité contenue dans un corps nous est inconnue, et nous devons nous borner à la mesurer à partir d'un état bien déterminé, pris comme terme de comparaison. Dans tout autre état, la quantité positive ou négative d'électricité sera l'intégrale $\int_B^A \frac{dQ}{E}$, prise sur un cycle réversible quelconque et capable de faire passer le corps de l'état considéré B à l'état pris comme repère A.

C'est ce que nous exprimons en disant que dans une

transformation réversible $\frac{dQ}{E}$ est la différentielle exacte d'une fonction i, qui représente la quantité d'électricité

$$\frac{dQ}{E} = di. \tag{4}$$

Et c'est encore ce que nous exprimons en disant que dans un cycle fermé on a

$$\int \frac{dQ}{E} = 0.$$

Q_1 et Q_0 étant les quantités d'énergie électrique échangées par deux sources aux potentiels E_1 et E_0, avec une machine de Carnot, on a, d'après (2),

$$\frac{Q_1}{E_1} = \frac{Q_0}{E_0} = i.$$

Si la machine fonctionne dans un sens convenable, i sera la quantité positive d'électricité puisée à la source de potentiel inférieur E_0 et versée à la source de potentiel supérieur E_1. L'énergie prise à la première source sera $Q_0 = E_0 i$ et l'énergie cédée à la seconde sera $Q_1 = E_1 i$. Si l'on met alors les deux sources en communication électrique à l'aide d'un canal de conductibilité médiocre, jusqu'à ce que la première soit revenue à son état initial, la seconde sera également revenue à son état initial d'après notre principe fondamental, la première aura perdu $E_1 i$ d'énergie, la seconde aura gagné $E_0 i$. La différence $(E_1 - E_0)i$ aura été transformée dans le canal de communication en une quantité W de chaleur que nous savons mesurer, et on aura

$$W = (E_1 - E_0)i. \tag{5}$$

Si, dans l'état actuel de la science, nous ne pouvons pas évaluer E_1 et E_0, nous savons mesurer la différence $E_1 - E_0$; et l'équation précédente nous permet de calcu-

ler i, c'est-à-dire, la quantité d'électricité qui passe d'un corps à un autre, pendant un certain temps, tous les deux étant maintenus à des potentiels constants, et mis en relation par un conducteur métallique, quand on connaît la différence de potentiel de ces deux corps, et que l'on mesure la quantité de chaleur dégagée pendant le même temps dans le conducteur de communication.

Nous pouvons donc, par ce procédé, mesurer la quantité d'électricité qui sort d'un corps ou qui y entre, mais nous n'avons aucun moyen pratique de mesurer la quantité d'énergie électrique correspondante ; il nous faudrait, pour cela, connaître la valeur du facteur par lequel il faut multiplier la quantité d'électricité, c'est-à-dire, connaître la valeur absolue du potentiel. Nous ne savons mesurer que la différence entre cette quantité d'énergie et celle que gagnerait ou céderait un corps de potentiel déterminé tel que la terre, s'il recevait ou cédait la même quantité d'électricité.

8. *L'unité de quantité d'électricité.* — La formule (5) nous permet maintenant de donner de l'unité de quantité d'électricité une définition précise : c'est celle qui passe dans un fil conducteur soumis à un courant électrique, quand la différence de potentiel aux extrémités de ce fil est égale à l'unité, et pendant le temps nécessaire au dégagement, dans ce conducteur, d'une unité de chaleur, c'est-à-dire d'une *thermie*, si l'unité d'énergie ou de travail est le kilogrammètre.

9. *Loi de conservation de l'électricité.* — Nous venons de voir qu'une machine de Carnot transporte d'une source à une autre une même quantité d'électricité, que deux sources mises en communication échangent également une même quantité d'électricité. Il y a, dans ces phénomènes, conservation de la quantité d'électricité. La loi est générale, et c'est pour cela que nous avons appelé principe de conservation de l'électricité, le principe fondamental qui sert à établir cette loi.

Si un système reste isolé électriquement pendant une transformation quelconque, la quantité d'électricité qu'il contient sera invariable comme celle d'un corps de potentiel uniforme qui décrit un cycle adiabatique réversible. Dans ce système, en effet, les échanges d'énergie électrique se font entre parties qu'on peut envisager comme des sources portées à des potentiels uniformes, en supposant, au besoin, pour cela que le système et le temps soient divisés en éléments infiniment petits. Ces échanges obéissent à la loi simple que nous venons de rappeler, en sorte qu'il y a toujours compensation dans toutes les parties du système entre les quantités d'électricité gagnées et perdues.

C'est ce qui doit arriver dans notre monde s'il est permis de le considérer comme un système isolé non seulement au point de vue électrique, mais encore à tous les autres points de vue ; et alors il y a conservation non seulement d'électricité, mais de volume, de matière et, en un mot, de toutes les formes d'entropie, sauf de l'entropie calorifique, qui augmente sans cesse.

10. *Équation différentielle de l'énergie, en fonction de l'entropie, du volume et de la quantité d'électricité.* — Nous avons maintenant tous les éléments nécessaires pour poser l'équation différentielle de l'énergie U d'un corps, exprimée en fonction de son volume, de son entropie et de sa quantité d'électricité, trois variables que nous pouvons évidemment substituer aux trois autres, pression, température et potentiel, que nous avons supposées prises jusqu'ici pour définir l'état d'un corps et par conséquent son énergie. Nous aurons

$$dU = TdS - pdv - Edi. \tag{6}$$

La fonction U ainsi exprimée est, suivant l'expression de Massieu, une fonction caractéristique du corps : si elle était connue, elle permettrait d'exprimer en fonction des mêmes variables S, v, i, tous les coefficients dont la con-

sidération peut présenter de l'intérêt dans l'étude des propriétés thermiques, électriques et élastiques d'un corps.

11. *Le potentiel thermodynamique.* — Il en existe d'ailleurs sept autres, comme nous l'avons montré ailleurs (1), exprimées à l'aide de trois des six variables, T, p, E, S, v, i, convenablement choisies ; nous choisirons parmi ces dernières la fonction caractéristique exprimée en fonction des trois tensions T, p, E, et nous la désignerons par la lettre H. Elle se déduit de la forme primitive U en posant

$$H = U - TS + pv + Ei \tag{7}$$

d'où l'on tire, eu égard à l'équation (6),

$$dH = -SdT + vdp + idE. \tag{8}$$

Telle est l'équation différentielle de la fonction caractéristique H exprimée en fonction des trois tensions T, p, E. On en tire immédiatement pour l'expression de l'entropie, du volume, et de la quantité d'électricité

$$S = -\frac{dH}{dT}, \tag{9}$$

$$v = \frac{dH}{dp}, \tag{10}$$

$$i = \frac{dH}{dE}, \tag{11}$$

et pour l'expression de l'énergie, eu égard à (7),

$$U = H - T\frac{dH}{dT} - p\frac{dH}{dp} - E\frac{dH}{dE}. \tag{12}$$

M. Duhem appelle potentiel thermodynamique à pression constante la fonction H réduite aux deux variables

(1) *Chaleur et Énergie*, Encyclopédie scientifique des aide-mémoire de M. Léauté, chap. IV, p. 138.

T et p dans l'étude des phénomènes thermo-élastiques ; si l'on y ajoute la variable E, il n'y a pas plus de raison d'appeler cette fonction potentiel à pression constante qu'à tension électrique constante. Nous appellerons simplement la fonction H *le potentiel thermodynamique*, malgré les confusions que peut entraîner cette dénomination, en raison de l'usage regrettable qui s'est depuis longtemps établi d'appeler potentiel la tension électrique.

E. Ariès.

LE RIRE ET SES ANOMALIES [1]

« Lorsqu'après un hiver affreux, le soleil reprend sa fécondité et nous ramène les douces influences qui fondent les neiges et les glaces et qui rendent à la terre sa fertilité naturelle ; alors, tout change à nos yeux, tout prend une nouvelle couleur, tout rajeunit. »

Ce sont là les termes qu'Érasme (2) prête à la folie pour célébrer ses heureux effets sur les humains. Par la folie, il entend non pas le désordre maladif de l'intelligence, mais cet abandon, ce laisser-aller de l'esprit qui est une des formes de la belle humeur, de la gaieté, la compagne du rire.

Oui, le rire est vraiment le rayon de soleil qui illumine, qui échauffe, qui anime. Il nous apparaît comme le symptôme de l'allégresse. Il est la signature du bien-être et il évoque tout naturellement l'idée de la santé physique et mentale dans sa plénitude, dans son entier épanouissement.

Et pourtant, le rire peut devenir la manifestation d'un état morbide. Il est parfois une anomalie, il offre des aberrations.

C'est à étudier ces anomalies, ces aberrations, ou plus exactement, à en effleurer l'étude, que seront consacrées les lignes qui vont suivre.

(1) Conférence faite à l'assemblée générale de la Société scientifique, le 24 avril 1906.

(2) Érasme, *L'éloge de la folie.*

Dans le rire — j'entends le rire normal — il y a un geste et un état d'âme, il y a des modifications corporelles et des modifications psychiques.

Les modifications somatiques présentent une extension graduelle, un développement progressif dans lequel je distinguerai — assez artificiellement, j'en conviens — trois stades, trois degrés.

Le degré inférieur que nous appellerons *le sourire*, nous montre les phénomènes de la *mimique faciale*.

Dans le second degré, qu'on pourrait nommer *le rire proprement dit*, aux mouvements de la face se joignent *les phénomènes de phonation et de respiration* : c'est le rire qu'on entend.

Enfin, au troisième stade, qu'avec Dugas (1) on désignera, si l'on veut, du nom de *surrire*, apparaissent les phénomènes de motilité des membres et du tronc.

Les phénomènes de la mimique faciale consistent essentiellement dans le mouvement de retrait oblique, en haut et en dehors, des coins de la bouche. La lèvre supérieure se tend, les dents apparaissent. Les plis naso-labiaux se dessinent nettement et s'incurvent. La pommette s'arrondit et devient saillante ; la paupière inférieure s'élève légèrement

Le rire ou le sourire tend à élargir le visage : c'est pourquoi, suivant la remarque de Schack (2), les figures larges nous semblent plus gaies tandis qu'un visage allongé est un signe de chagrin. Tirer une longue mine, ce n'est pas le fait de l'homme hilare et réjoui.

Souvent, particulièrement chez les individus relativement avancés en âge, où la peau a perdu de sa souplesse, où l'exercice répété du rire a imprimé ses plissements, on voit apparaître à la tempe, au niveau de l'angle externe

(1) Dugas, *Psychologie du rire*. Paris, 1902.

(2) Schack, *La physionomie chez les hommes et chez les animaux dans ses rapports avec l'expression des émotions et des sentiments*, p. 127. Paris, 1887.

de l'œil, des rides rayonnantes formant ce qu'on appelle *la patte d'oie*.

Le rire peut être déformé par l'alliage à la gaieté d'autres sentiments, d'autres émotions. De plus, au lieu d'être la manifestation naturelle, automatique de la mimique émotive, il peut devenir le produit du langage mimique, de ce que Morselli (1) appelle *la mimique significative*, processus qui est volontaire, qui possède un caractère conventionnel, artificiel et qui a pour but de déguiser les sentiments autant que de les exprimer. Ainsi naissent le rire moqueur, le rire méprisant, le rire étonné, le rire de la pitié, de la bienveillance, du dépit.

Au second stade, celui du rire audible, s'ajoutent les phénomènes de phonation et de respiration. Les cordes vocales se tendent, la glotte se resserre. Il se produit des séries d'expirations brusques, saccadées, s'accompagnant d'un son, le son du rire, séparées par des inspirations profondes. Chez l'enfant où le rire sonore se déploie avec ses propriétés naturelles, ainsi que chez la femme, le son est celui des voyelles *i* et *e* ; chez l'adulte, chez l'homme, il prend généralement la tonalité de l'*a* ou de l'*o*. Parfois, il devient rauque, assourdi comme dans le ricanement, dans le rire étouffé.

C'est qu'ici encore interviennent l'influence de sentiments associés et l'action de la volonté cherchant à se conformer aux règles de la bienséance ou recourant aux artifices de la dissimulation. Ces rires forcés ont excité l'indignation de Carlyle. « Ces gens-là, dit-il, ils ne font que renifler, ricaner du fond de la gorge ; ils émettent tout au plus une cachination sifflante et sourde comme s'ils riaient à travers un paquet de laine. »

Enfin, au dernier stade, celui du surrire, se produit la participation du tronc et des membres. Ce sont des tré-

(1) Morselli. *Manuale di Semejotica delle malattie mentali*. Tome II, p. 230.

pignements des pieds, des battements de mains ; le corps se tord en de véritables convulsions. Les secousses respiratoires se succèdent avec rapidité, avec force et ébranlent douloureusement la poitrine : il faut se tenir les côtes. Chez beaucoup, à ce degré, l'œil n'est plus seulement brillant, humide ; il se baigne de pleurs : on rit aux larmes. Parfois, surtout chez la femme, se produit de la miction involontaire. Selon Bechterew (1), elle ne serait point la conséquence des efforts respiratoires, mais elle résulterait de la propagation de la stimulation du centre mimique au centre de la miction, qui, dans l'écorce et dans la couche optique, est voisin du centre de l'expression émotive.

L'agent principal de la mimique faciale, du rire est un muscle qui s'étend diagonalement de la pommette ou zygome à la commissure des lèvres. C'est *le grand zygomatique*, ainsi qualifié pour le distinguer d'un collègue de moindre envergure nommé *le petit zygomatique*.

On le désigne encore sous le nom de *zygomato-labial* (Chaussier), d'*élévateur oblique externe de la commissure des lèvres* (Mathias Duval).

En raison du rôle prépondérant qu'il joue dans les manifestations faciales de l'hilarité, Duchenne de Boulogne l'a nommé *le muscle du rire*.

Si l'on pratique l'électrisation localisée des deux grands zygomatiques par l'intermédiaire des filets nerveux qui les animent, on réussit à créer l'expression approchante du rire.

Mais cette expression a quelque chose de faux, de contraint. La raison en est, comme le pense Raulin (2), qu'il y manque la contraction de la paupière inférieure qui fait partie intégrante du rire naturel.

(1) Bechterew, *Ueber unwillkurlichen Harnabgang beim Lachem*, NEUROLOG. CENTRALBLATT, 15 mai 1899.

(2) Raulin, *Le rire et les exhilarants*, p. 42. Paris, 1900. J'ai fait à cet ouvrage de nombreux emprunts.

Les muscles de la face, ceux du rire compris, sont sous la dépendance de centres nerveux, de fibres nerveuses.

Il s'en faut que l'accord soit établi sur la topographie exacte et sur la signification de ces centres, sur le trajet de ces fibres (1). L'exposé que je vais faire ne doit donc être accepté que sous bénéfice de vérification. Les muscles de la face sont, tout à la fois, des agents de la mimique et des instruments de la parole articulée. De plus, la volonté

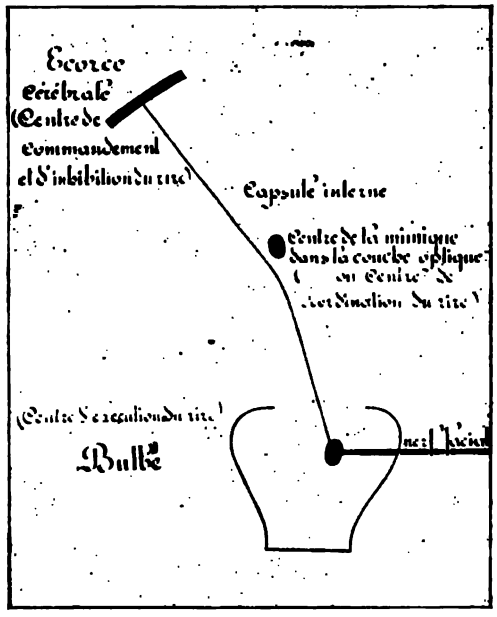


FIG. 1. — Schéma de l'appareil nerveux du rire.

peut les mettre en activité pour des besoins divers. A ces différentes attributions correspondent des centres distincts.

A la surface du cerveau, les centres des différentes actions faciales se trouvent dans la région périrolandique inférieure et dans la portion contiguë de la région frontale inférieure.

(1) Voir Grasset, *Les centres nerveux*, p. 192. Paris, 1905.

Les fibres émanant de ces centres descendent vers le bulbe par la couronne rayonnante (Voir fig. 1).

Celle-ci se condense en une masse aplatie pour passer entre les amas de substance grise appelés *les ganglions opto-striés*. Elle constitue *la capsule interne* (Fig. 2, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*).

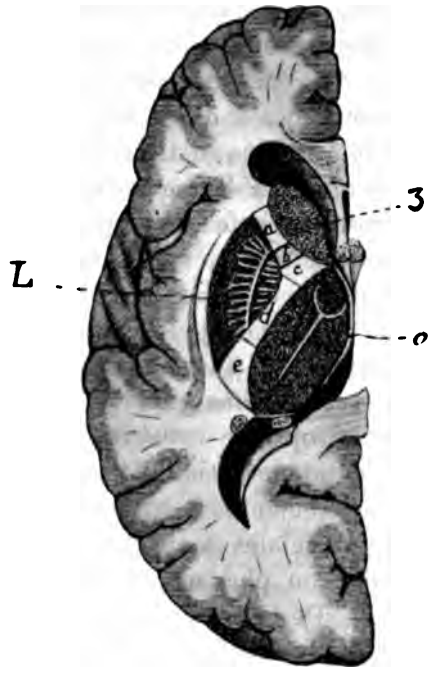


FIG. 2. — Coupe horizontale de l'hémisphère gauche, dite coupe de Flechsig (d'après Testut).

S, Noyau caudé du corps strié, — *L*, noyau lenticulaire, — *O*, Thalamus opticus ou couche optique, — *a*, faisceau psychique, — *b*, faisceau de l'aphasie, — *c*, faisceau géniculé ou genou de la capsule interne, — *d*, faisceau pyramidal, — *e*, faisceau sensitif.

Considérons la capsule interne sur une coupe horizontale. Elle nous présente deux segments formant un angle ouvert en dehors : un *segment antérieur* ou *segment lenticulo-strié*, situé entre le noyau caudé du corps strié en dedans et le noyau lenticulaire en dehors (Fig. 2, *a*, *b*)

et un *segment postérieur* ou *lenticulo-optique* situé entre la couche optique en dedans et le noyau lenticulaire en dehors (Fig. 2, *d*, *e*). Le point de jonction des deux segments, le sommet de l'angle constitue *le genou* de la capsule interne (Fig. 2, *c*).

Les diverses fibres du facial ne sont point confondues dans le même point de la capsule interne. Celles qui sont destinées aux mouvements volontaires de la face se trouvent dans *le faisceau géniculé* (Fig. 2, *c*). Les fibres destinées aux mouvements de la face intervenant pour produire la parole articulée se trouvent dans le *faisceau dit de l'aphasie* (Fig. 2, *b*). Enfin, les fibres de la mimique faciale se trouvent dans le faisceau que Brissaud a nommé *faisceau psychique* (Fig. 2, *a*). Tandis que les fibres faciales volontaires traversent la capsule interne sans s'arrêter dans la substance grise opto-striée, les fibres mimiques font une station dans la partie antérieure de la couche optique (voir schéma, fig. 1). Cette partie antérieure de la couche optique constitue, selon Bechterew, le centre de la mimique faciale : il a pour fonction de coordonner les mouvements constituant cette mimique.

Toutes les fibres faciales se portent vers le noyau du facial dans le bulbe ou plus exactement dans l'épaisseur du pont de Varole. De là émerge le nerf facial.

Le centre cortical du nerf facial est tout à la fois le centre du commandement du rire et le centre de la répression.

Lorsque le rire est voulu, le centre du commandement transmet le stimulus au centre thalamique qui le coordonne et le distribue de façon à obtenir le résultat désiré. Le stimulus passe ensuite au centre bulbaire d'exécution.

Si le rire qui tend à se produire doit être réprimé, l'action inhibitoire se transmet, sans doute directement, au centre d'exécution qu'elle enraye.

Dans tout ce qui précède, je n'ai eu en vue que la mimique faciale du rire. Celui-ci devient-il sonore, c'est que l'excitation se propage à l'appareil nerveux respira-

toire et phonateur, c'est-à-dire au noyau du nerf pneumogastrique et au noyau du nerf spinal.

Dans le surrire, la stimulation se communique à la colonne grise, des cornes antérieures de laquelle relèvent les mouvements des membres et du tronc.

Nous devrions rechercher maintenant quel est l'état d'âme, l'émotion, le sentiment qui correspond au rire et déterminer les conditions psychologiques de ce phénomène. Nous adresserons-nous « au peuple ou aux habiles » ? Les habiles ne manquent pas. Un grand nombre de penseurs et non des moindres, se sont attachés à étudier la psychologie du rire, à définir, à expliquer l'état affectif qui l'accompagne, à scruter la nature du risible.

Dans ces derniers temps, Dugas (1), Bergson (2), Sully (3), Michiels (4), Mélinaud (5) ont produit sur ce sujet des travaux de haut intérêt. De multiples théories ont été proposées. Certaines, celle de Bergson entre autres, sont de pures merveilles d'ingéniosité, des chefs-d'œuvre d'analyse subtile et délicate.

Sans dédaigner aucunement de tels efforts, il nous suffira, pour le but que nous nous proposons, de consulter « le peuple », le sens commun.

Dans son simplisme vite satisfait, il nous répondra que le rire est plus spécialement la manifestation ou l'accompagnement de la gaieté et que la gaieté a sa source principale dans le plaisant, le comique, — j'allais dire... mais

(1) Dugas, *Psychologie du rire*. Paris, 1902.

(2) Bergson, *Le rire, essai sur la signification du comique*. Paris, 1904.

(3) James Sully, *Essai sur le rire*. Paris, 1904.

(4) Alfred Michiels, *Le monde du comique et du rire*. Paris, 1887.

(5) Mélinaud, *Pourquoi rit-on ? Étude sur la cause psychologique du rire* (REVUE DES DEUX MONDES, tome CXXVII, 1895).

Sans prétendre donner la littérature de la psychologie du rire, qu'on trouvera dans les travaux indiqués ci-dessus, je veux signaler deux ouvrages récents qui traitent d'une manière très intéressante des aspects particuliers de la question : Prof. Dr Sigm. Freud, *Der Witz und seine Beziehung zum Unbewussten*. Leipzig et Vienne, 1905 — Paul Gaultier, *Le rire et la caricature*. Paris, 1906.

la tautologie est vraiment trop criante... dans le ridicule, dans le risible.

Les déviations que présente le rire se rencontrent dans chacun de ses éléments : dans sa partie psychique, dans sa cause psychologique ainsi que dans ses manifestations extérieures. Comme passage du normal à l'anormal, nous envisagerons *le fou rire*.

Mon éminent collègue, M. Vanlair l'a décrit, d'après des souvenirs personnels, avec son talent exquis d'observateur et d'écrivain (1).

« En compagnie d'un ami, dit-il, j'avais été prié à un dîner intime dans une famille qui nous voulait du bien, et dont nous reçumes un accueil on ne peut plus cordial. Le repas fini, la dernière coupe de champagne vidée, nous passâmes au salon. On vint à parler musique, et sur nos vives instances, la femme de notre hôte, comme Georgina Smolen, « se leva pour chanter », non pas, hélas ! la douce et mélancolique romance du Saule, mais un air de bravoure de je ne sais quel opéra. A défaut d'accompagnateur, elle prit place au piano, son mari, debout à côté d'elle, s'apprêtant à tourner les pages... Un toussottement discret pour éclaircir la voix, quelques accords en guise de prélude, et la dame commença.

» Dès les premières notes, nous nous regardâmes ahuris. Jamais, au grand jamais, ni mon ami, ni moi n'avions entendu pareils sons issir d'une gorge humaine : on eût dit un orchestrion détraqué où, sans cadence et sans frein, trompettes, cymbales, clairons auraient alterné leurs grinçantes strideurs, tout cela scandé d'arrêts soudains et de brusques départs ; quelque chose d'inouï, d'indescriptible, qui n'était plus un chant, mais une épouvantable cacophonie, si bien que tout à coup mon compagnon, puis

(1) C. Vanlair, *La Physiologie du rire* (Lecture faite dans la séance publique de la classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique, le 16 décembre 1903, pp. 1205-1321).

moi fûmes pris d'un rire aigu, inextinguible, d'un de ces rires que nulle puissance au monde ne saurait réprimer.

» Pour un empire, nous n'eussions voulu faire offense à nos hôtes ; et rien non plus ne pouvait clore nos lèvres. Fâcheux dilemme qu'il fallait néanmoins résoudre, et résoudre à l'instant. Il ne s'offrait à nous qu'un moyen d'en sortir : rire silencieusement, sans émettre un seul son, comme l'eût fait un malade frappé d'une aphonie complète.

» Encore avions-nous une crainte horrible, celle de voir le mari tourner la tête de notre côté et nous surprendre ainsi « flagrante delicto ». J'avais beau, pour ma part, évoquer des souvenirs funèbres, vainement appelai-je à mon aide l'illusion diversive de quelque catastrophe imaginaire : toujours, sans trêve, se continuait cet affreux rire. Il dura près d'un quart d'heure qui nous parut un siècle.

» A la dernière minute seulement, la douloureuse fatigue de mes muscles, et sans doute aussi l'imminence d'une suffocation mortelle amenèrent, par bonheur, une détente subite. Et, la voix chevrotante, les lèvres encore agitées d'une trémulation convulsive, au prix d'un effort surhumain, je pus enfin, comme il convenait, complimenter notre hôtesse sur l'incomparable beauté de sa voix. »

Ce qui caractérise le fou rire, c'est son irrésistibilité. C'est comme un accès convulsif qui doit avoir son cours.

Sa véhémence n'est pas en proportion de la cause extérieure qui le provoque. Les raisons de l'ordre le plus élevé sont impuissantes à le réprimer. Il semble même, suivant la remarque de Montesquieu, que le contraste entre la situation où l'on est et celle où l'on devrait être ne fait que le stimuler.

Voltaire raconte l'histoire d'une dame qui, voyant sa fille presque agonisante, s'écria : « Mon Dieu, rendez-la moi et prenez tous les autres. » Un de ses beaux-fils s'avance et lui demande gravement : « Madame, vos gen-

dres en sont-ils ? » Assurément, ce n'était pas l'heure de plaisanter et de s'adonner à l'hilarité. Il n'empêche que tous les assistants furent pris d'un accès de fou rire. La mourante elle-même y participa et Voltaire nous dit que, dès lors, elle alla de mieux en mieux.

Le fou rire suppose la défaillance du psychisme supérieur, du pouvoir frénateur : c'est l'automatisme qui l'emporte.

Cette défaillance peut se montrer à titre accidentel, même chez les natures les mieux pondérées : *Quandoque bonus dormitat Homerus*.

Elle constitue un état habituel chez les déséquilibrés, chez les hystériques en particulier.

L'hystérique présente une aptitude exagérée au rire, sous l'influence des causes les plus légères, ou même sans cause appréciable : l'hilarité revêt facilement chez lui le caractère convulsif : elle devient immodérée dans son intensité et dans sa durée. Briquet (1) a rapporté le cas d'une jeune femme qui était prise de rires involontaires, que le chagrin n'empêchait pas ; il lui arrivait souvent de rire quand elle avait envie de pleurer et parfois elle riait et pleurait presque en même temps. Quoiqu'elle eût des sentiments pieux très sérieux, elle était parfois prise de spasme inextinguible, à l'église pendant les offices.

Houllier (2) a signalé le cas des filles d'un président de Rouen qui étaient prises d'un fou rire durant une heure ou deux. Alors la mère et les parents arrivaient et, en les voyant ainsi, se mettaient eux aussi à rire involontairement. Mais bientôt, ils s'arrêtaient, exhortaient les malades, les morigénaient, les menaçaient. Rien n'y faisait ; les jeunes filles continuaient à rire, assurant qu'elles ne pouvaient s'en empêcher.

Parfois le fou rire fait partie intégrante de l'accès hys-

(1) Cité par Deschamps, *Le Rire hystérique*. Thèse de Bordeaux, 1905.
(2) Cité par Deschamps.

térique proprement dit, soit qu'il le constitue tout entier, soit qu'il l'annonce, soit qu'il en marque la fin.

Le fou rire s'observe dans d'autres états neuropathiques que l'hystérie : il se montre chaque fois que l'action empêchante des centres corticaux se trouve affaiblie, chaque fois qu'il y a diminution du pouvoir volontaire.

Féré (1) l'a observé comme phénomène prodromique de la chorée.

Une de ses malades âgée de quinze ans s'était toujours bien portée au point de vue nerveux jusqu'au moment où on l'amena à la consultation de Bicêtre en 1893. La mère craignait qu'elle ne devînt folle. Jusqu'alors, elle avait été raisonnable et respectueuse ; elle avait perdu sa grand' mère maternelle trois semaines auparavant et avait montré une émotion très vive ; mais depuis, tout était changé. Une ou deux fois par jour, quelquefois plus souvent dans la dernière semaine, elle partait d'un fou rire dans les circonstances les plus mal appropriées, à l'église, au cimetière. Elle se rendait bien compte que sa joie était intempestive; mais elle l'expliquait par un motif qui, pour sa mère, constituait une circonstance aggravante.

C'était toujours une cause des plus futiles, le chat se mordait la queue, l'oiseau se plongeait la tête dans l'eau, un passant avait un chapeau mal posé ou déformé, etc. Ces explosions paraissaient d'autant plus paradoxales qu'elle continuait à travailler et à vivre dans les conditions ordinaires et qu'elle semblait surprise au milieu des conditions les plus normales. Ces accès de rire duraient souvent un quart d'heure ou plus et reprenaient sitôt qu'on en rappelait le motif. Ce n'était que plus tard que l'inopportunité semblait comprise.

Un examen soigneux ne permit de relever aucun trouble nerveux objectif. Peu à peu, les accès de rire diminuèrent

(1) Féré, *Le Fou rire prodromique* (REVUE NEUROLOGIQUE, tome XI, 1903, p. 353).

d'intensité tandis qu'apparaissaient des contorsions de la face, de la maladresse des mains : en quelques jours, le tableau de la chorée se compléta et les accès de rire ne se reproduisirent plus.

C'est la gaieté qui est l'excitant normal du rire ; mais dans certains cas, celui-ci est provoqué par d'autres agents.

Des secousses mécaniques peuvent le déterminer. Sully a constaté que son fils était pris de rire quand il montait à cheval sans selle (1).

Certaines substances, dites exhilarantes, engendrent le rire ; nous en parlerons tout à l'heure.

On voit encore le rire se manifester comme phénomène de détente, de relaxation, à la suite d'une vive frayeur. « Un enfant rira après avoir été effrayé par un chien ; une femme éclate souvent d'un rire nerveux après avoir éprouvé une peur rapide mais violente, par exemple, dans une voiture dont le cheval s'est emporté ou dans un bateau qui a failli chavirer » (Sully).

Les soldats en campagne sont parfois saisis d'un rire nerveux au sortir du danger ; au dire de Darwin (2), les soldats allemands qui, aux avant-postes pendant le siège de Paris, avaient été exposés, pendant des journées entières aux plus grands périls, étaient tout particulièrement disposés à éclater en bruyants éclats de rire à propos de la plus insignifiante facétie. De même, lorsque les petits enfants vont commencer à pleurer, il suffit parfois d'une circonstance inattendue survenant brusquement pour les faire passer des larmes au rire.

Le rire, en pareil cas, est l'équivalent d'autres manifestations motrices survenant dans des conditions semblables ; à la suite d'un accident de chemin de fer, d'un

(1) Du rire par secousses mécaniques, on pourrait rapprocher le rire par chatouillement : Sully en a fait une étude développée.

(2) Darwin, *L'expression des émotions chez l'homme et chez les animaux*. Traduction française, Paris 1874, p. 216.

coup de grisou, on voit les escapés se livrer à des courses folles.

Comme l'a montré Sollier (1), la surprise de l'accident a suspendu la dépense de l'énergie nerveuse. Lorsque la surprise est passée, il faut que l'énergie accumulée se dégage ; elle le fera tantôt sous la forme du rire, tantôt sous la forme de mouvements de marche.

Mais voici qui, en apparence, est plus paradoxal encore. Le rire peut être l'effet de la douleur physique ou morale.

Lange (2) a observé un jeune homme très intelligent et pas du tout nerveux, chez qui il traitait une ulcération de la langue avec un caustique très douloureux.

Régulièrement, pendant cette opération, au moment où la douleur était au maximum, il était pris d'un violent éclat de rire.

Toulzac (3) cite le cas d'un garde forestier qui, rentrant à sa cabane, trouve sa femme et ses enfants étendus morts, scalpés et mutilés par les Indiens : il est aussitôt pris d'un accès de rire, s'exclame à plusieurs reprises : « C'est l'aventure la plus singulière que j'ai jamais vue ! » et rit continuellement sans pouvoir s'arrêter, si bien qu'il mourut d'une rupture vasculaire.

Le même auteur raconte qu'une bande de jeunes gens et de jeunes filles de 19 à 24 ans, étaient assis ensemble quand on vint leur annoncer la mort d'un de leurs amis ; ils se regardèrent une seconde l'un l'autre et se mirent tous à rire, et il se passa quelque temps avant qu'ils pussent reprendre leur sérieux.

Dans tous ces cas, dont la relation est un peu trop sommaire et dont l'authenticité n'est peut-être pas rigoureusement établie, on doit admettre que le rire a été la

(1) Sollier, *Le mécanisme des émotions*. Paris, 1905, p. 37.

(2) Lange, *Les émotions, étude psycho-physiologique*. Traduction par G. Dumas. Paris, 1895, p. 163.

(3) Cité par Deschamps.

réaction purement physique de la douleur : si je puis ainsi parler, l'excitation nerveuse s'est trompée de chemin, au lieu de porter sur l'appareil de la douleur, elle s'est égarée sur celui du rire.

J'ai vu, moi aussi, survenir le rire sous l'influence de la douleur, mais par un mécanisme bien différent. J'assistais, il y a quelques années, aux obsèques d'un pharmacien, officier de la garde civique. A peine entré à l'église, je suis appelé auprès de la femme du défunt qui vient d'être prise d'un accès de folie. On me dit que celle-ci avait éclaté au moment où retentit la salve des gardes civiques, à la sortie du corps. Je trouvai la pauvre femme riant à gorge déployée, contemplant et décrivant avec le plus vif intérêt, les évolutions des soldats dans la rue déserte, manifestant une joie d'enfant devant le spectacle que lui donnait son imagination dévoyée.

Ici le rire n'était que l'expression d'une gaieté pathologique, de ce qu'on appelle *l'état maniaque*. Elle avait été prise d'un délire hallucinatoire à tonalité expansive ou maniaque. La durée en fut courte et la terminaison brusque comme le début. Au bout de trois, quatre jours, tout était rentré dans l'ordre.

La manie ou état maniaque est un syndrome essentiellement caractérisé par une disposition expansive, par une gaieté immotivée, exagérée.

Comme la gaieté normale, la gaieté maniaque porte au rire, au badinage, à l'espièglerie, elle affine le sens du ridicule, elle suscite le goût de la plaisanterie, de la moquerie, souvent de l'impertinence.

Le syndrome peut constituer toute la maladie qu'on appelle alors *la manie essentielle*.

Plus souvent, le syndrome manie alterne avec le syndrome mélancolie constituant la *folie à double forme*, ou *folie circulaire* ou *folie maniaque dépressive*.

Voyez (Fig. 3) cette femme accablée, affaissée sur elle-

même. Son front est plissé, les coins de la bouche sont tirés vers le bas.

Elle est dans la phase mélancolique de la folie circulaire.

La voici dans la phase expansive ou maniaque (Fig. 4) avec le front déridé, la figure souriante, épanouie, l'allure dégagée.

FIG. 3. — Folie circulaire. Femme de 45 ans, phase mélancolique (Ziehen).

FIG. 4. — La même malade qu'à la figure 3, dans la phase maniaque (Ziehen).

Le syndrome maniaque s'observe également au cours de la paralysie générale, ou plutôt à son début, entraînant les démonstrations habituelles de la gaieté, parfois la plus exubérante. Dans tous les cas dont il vient d'être question, ce n'est pas le rire qui est injustifié, c'est l'état affectif qui le provoque. La gaieté maniaque est particulièrement anormale dans la paralysie générale, puisque le sujet qu'elle anime est atteint d'une maladie navrante entre toutes, une maladie implacable, qui ruine peu à peu toutes les puissances de l'âme et qui se termine fatalement par la mort, au bout d'un terme qui n'excède généralement pas trois ou quatre années.

Il y a des folies où la gaieté avec ses marques exté-

rieures est tout à fait légitime. L'aberration gît dans une idée fausse qui engendre la gaieté ou, tout au moins, la satisfaction. Tel est le cas des *paranoïques mégalomanes* sur le visage desquels règne habituellement le sourire, témoignage du contentement qu'ils ont d'eux-mêmes, par suite de la fausse idée qui les domine relativement à leur condition sociale, à leur fortune, à leur influence, à leur talent.

Le rire de la *démence précoce* appartient à une autre catégorie encore. La démence précoce est une affection qui, depuis quelques années, sollicite vivement les observations et les études des aliénistes. Elle frappe surtout les jeunes gens et aboutit régulièrement à la déchéance irrémédiable des facultés psychiques.

Parmi les symptômes de cette affection figurent les troubles moteurs que l'on appelle les *stéréotypies*. Ce sont des attitudes bizarres, des mouvements étranges dépourvus de but, de raison apparente qui persistent ou se répètent indéfiniment. Tel malade se tient des heures durant avec les lèvres accolées et projetées en manière de grouin ; tel autre demeure des journées entières avec un doigt dans la bouche ; un troisième ne cesse de se tirailler le lobule de l'oreille.

Le rire semble être, lui aussi, une manifestation purement motrice se rattachant à la stéréotypie.

Au point de vue affectif, la démence précoce se caractérise par l'apathie, par l'indifférence émotionnelle. Le sujet semble dépourvu de tout désir, de toute aspiration : il ne porte plus d'intérêt à quoi que ce soit ; il n'a cure de son avenir ; il est complètement détaché des affections de la famille ou de l'amitié.

Surgissant sur ce fond d'anesthésie psychique, le rire de la démence précoce révèle immédiatement son origine maladive.

Celle-ci se marque encore par le cachet souvent grimaçant du rire.

Elle se manifeste, enfin, par ce fait que le rire survient en dehors de toute provocation appréciable et dans la solitude.

L'homme qui parle seul passe pour un insensé : l'homme qui rit seul est, à plus juste titre encore, suspect d'insanité mentale. C'est que, suivant l'expression de Bergson,

FIG. 5. — B. M. 28 ans. Démence précoce ; attitude permanente.

le rire est un geste social ; il est foncièrement contagieux, communicatif ; il implique la présence d'autrui ; il suppose la sympathie, la solidarité. Les hommes sains d'esprit ne rient seuls que d'une façon tout à fait exceptionnelle et quand ils sont rassemblés ; chacun est d'autant plus sollicité au rire que considérable est le nombre des rieurs qui l'entourent : « plus on est de fous, plus on rit. »

Le dément précoce a perdu les sentiments de solidarité,

de sociabilité : le monde extérieur, ses semblables, en particulier, semblent inexistants pour lui. Son rire n'a plus la signification, la valeur normale.

Quelques cas particuliers illustreront ce que je viens de dire.

FIG. 6. — B. M. avec la tête qui a été relevée, riant.

La figure 5 représente une malade de mon service, âgée de 28 ans. Elle est à l'asile depuis mars 1902.

Pendant plusieurs mois, elle a maintenu invariablement l'attitude que l'on voit sur la reproduction photographique : les mains croisées au devant de l'abdomen, la tête enfoncée dans la poitrine, les yeux fermés obstiné-

ment et activement ; elle gardait et garde encore un mutisme absolu.

Indifférente à tout, elle était prise, à chaque instant, d'un rire étouffé, d'allure bizarre.

Nous lui avons relevé la tête : elle n'oppose à cette manœuvre aucune résistance, mais lentement elle reprend la flexion habituelle. Nous l'avons photographiée au moment où son visage est traversé par le rire (voir fig. 6).

Aujourd'hui, elle s'est un peu relâchée de son attitude ;

FIG. 7. — D. 25 ans. Démence précoce.

FIG. 8. — D. Démence précoce.

il lui arrive d'ouvrir les yeux et même de jeter autour d'elle un regard vague et niais. Elle persiste dans son mutisme et continue à rire seule, à rire sans motif.

Celui-ci est encore un malade de mon service. Il est âgé de 25 ans. Son admission remonte à trois ans (voir fig. 7). Dès le début de sa maladie, il lui prenait des rires à pleins poumons. Il ne pouvait s'arrêter bien qu'on le grondât. Il est arrivé que le rire se prolongeât jusque

fort avant dans la nuit : il ne savait dire la raison de son hilarité.

Actuellement, il végète dans une entière indifférence, dans une indolence et une nonchalance complètes ; parfois, il parle seul, mais jamais il n'adresse la parole ni à ses gardiens, ni à ses compagnons ; il ne se plaint de rien, ne demande rien, ne recherche aucune occupation, aucune distraction. Il ne regarde pour ainsi dire pas autour de lui.

FIG. 9. — M. 21 ans. Démence précoce. En ce moment, la malade se livre à un mouvement de balancement latéral et est en proie à un rire immotivé.

Sa figure a presque constamment une expression maussade, parfois il s'emporte sans motif. Il présente très fréquemment des sourires étranges qui ne semblent correspondre à aucun sentiment et qui n'ont aucune raison extrinsèque (voir fig. 8).

Voici encore une jeune fille de 21 ans atteinte de démence précoce, admise à l'asile Sainte-Agathe au mois de juillet 1903 (voir fig. 9).

Elle a toutes sortes de gesticulations et de mouvements bizarres : elle se balance d'un côté à l'autre, farfouille constamment dans son nez, puis passe vivement la main sur la face antérieure de la cuisse gauche. Elle présente des rires, parfois intenses et prolongés, survenant sans motif appréciable, au milieu d'un état de nonchalance, d'indifférence affective nuancée de mécontentement et de grincherie.

Le rire est souvent un excellent réactif de l'indigence intellectuelle. Il met celle-ci en évidence et la fait saisir sur le vif.

Le poète Catulle l'a dit :

« Risu inepto, res ineptior nulla est. »
« Rien n'est plus sot qu'un sot rire. »

Je serais tenté de dire que rien n'est plus révélateur de la pauvreté de l'esprit que le rire niais, le rire hébété. On l'aperçoit sur cette photographie qui représente un dément sénile (fig. 10).

FIG. 10. — Gaieté hébétée chez un dément sénile (Weygandt).

On le voit également chez un paralytique général dont la figure 11 reproduit la photographie.

Je le disais tout à l'heure : il est des substances qui passent pour productrices du rire : ce sont les exhilarants. Le rire qu'elles déterminent me paraît dépendre, en général, de perturbations d'ordre psychique.

Parmi ces substances, je signalerai le protoxyde d'azote, l'opium, le haschisch, le seigle ergoté.

Le protoxyde d'azote qu'on appelle encore *le gaz hilarant*, *le gaz du paradis*, a été découvert par Priestley

en 1776. Quelques années plus tard, Humphry Davy en l'étudiant, essaya sur lui-même les effets de l'inhalation. « Sans perdre précisément connaissance, dit-il en rapportant sa première expérience qui date de 1799, je suis demeuré un instant promenant les yeux dans une espèce

FIG. 11. — Rire hébété chez un paralytique général.

d'étourdissement sourd, puis, je me suis pris, sans y penser, d'éclats de rire tels que je n'en ai jamais fait de ma vie. »

Davy répéta plusieurs fois l'inhalation et obtint toujours des résultats identiques. Il note que, sous son

action, il ressentait « des impressions de plaisir vraiment sublimes (1). »

Depuis lors, le protoxyde d'azote a été souvent expérimenté, souvent utilisé comme anesthésique général, particulièrement dans la petite chirurgie et dans la chirurgie dentaire. Il est encore fort usité en Amérique puisque Wood estime à 750 000, le chiffre des narcoses annuelles pratiquées avec ce moyen dans les États-Unis d'Amérique.

L'Angleterre aussi en fait grand usage : Sydney Rumboll compte comme nombre moyen de narcoses annuellement pratiquées à l'aide du protoxyde d'azote dans toute la Grande-Bretagne, pour les dix dernières années, 4 millions de narcoses. Or, de toutes ces expériences, il ressort que le protoxyde d'azote agit comme les autres anesthésiques généraux (2).

Il supprime la conscience, la sensibilité ; mais cette action paralysante est précédée d'une phase d'excitation se caractérisant par une sorte d'ivresse au cours de laquelle se manifeste parfois le rire.

Ses effets exhilarants sont donc secondaires ; ils ne se produisent pas constamment. A cet égard, il faut tenir compte des dispositions individuelles.

Davy possédait, sans doute, une propension marquée au rire : en effet, l'histoire rapporte que lorsqu'il découvrit le potassium, sa joie se marqua de la façon la plus vive : il exultait ; en proie à un rire violent, il se mit à danser dans son laboratoire.

L'action exhilarante de l'opium n'est pas non plus constante. Elle se rattache vraisemblablement à l'état de bien-être, d'euphorie que produit souvent ce narcotique.

L'écrivain anglais, Thomas de Quincey, qui pendant plus d'un demi-siècle fut un mangeur d'opium, caractérise

(1) Cité par Raulin.

(2) Dumont, *Traité de l'anesthésie générale et locale*. Traduction française par Cathelin. Paris, 1904, p. 134.

ses effets en disant que, dans les premiers temps du moins, il engendre « une sérénité sans nuage », mais non point une ivresse comparable à celle de l'alcool (1). Par l'usage prolongé du poison, se constitue souvent une hébétude satisfaite qui peut s'exprimer par un rire grimaçant.

Le haschisch dont l'élément actif est l'extrait de chanvre indien, *Cannabis indica*, est employé en Orient, depuis un temps immémorial, comme condiment, comme excitant. On l'avale mélangé à des aromates de toutes espèces et à des huiles végétales ; ou bien, on le fume dans des pipes ou dans des cigarettes.

Moreau de Tours l'a fait connaître en Europe, il y a un peu plus d'un demi-siècle.

A la suite de la publication de ses recherches, le haschisch obtint une vogue considérable. Chacun voulait l'essayer : à Paris, l'hôtel Pimodan réunissait un *Club d'Haschischins* comprenant des écrivains tels que Balzac, Théophile Gautier, Gérard de Nerval. On se livrait de compagnie à l'ivresse du chanvre indien.

Toute une littérature est sortie de ce mouvement qui est à peu près éteint aujourd'hui. D'après Richet (2), ce n'est qu'exceptionnellement qu'il se rencontre encore çà et là quelques amateurs de ce poison.

Richet lui-même en a pris assez souvent à titre d'expérience et il en a fait prendre à ses amis.

« A doses modérées, dit-il, l'ébriété qu'il procure est très agréable. On éprouve un certain bien-être qu'on ne sait à quoi attribuer, et ce même sentiment de satisfaction que tout le monde a éprouvé plus ou moins après l'absorption d'une certaine quantité d'alcool.

» Peu à peu, l'excitation de la moelle épinière produit des effets plus caractéristiques. On s'agite, on se promène

(1) Thomas de Quincey, *Confessions d'un mangeur d'opium*.
(2) Charles Richet, *L'Homme et l'intelligence*. Paris, 1884, p. 184.

de long en large, on s'étire dans tous les sens ; on a envie de danser, de remuer, de soulever des poids énormes et au milieu de cette agitation toute musculaire, l'intelligence reste calme. Mais tout d'un coup, pour un mot dit au hasard par quelque assistant, pour une remarque toute naturelle qu'on vient de faire, on est pris d'un rire presque involontaire, rire prolongé, nerveux, convulsif, qu'on ne saurait justifier et qui semble interminable. Quand cet immense éclat de rire a cessé, on sent qu'il était ridicule ; on reprend ses sens et on comprend que, si l'on a ri ainsi, c'est que l'on vient de subir les premières atteintes du poison.

» A partir de ce moment, les idées deviennent de plus en plus promptes. C'est un feu d'artifice perpétuel, une gerbe de feu qui éclate dans toutes les directions. L'idée succède à l'idée avec une rapidité vertigineuse. Les pensées vont, viennent, se pressent en désordre, sans lois apparentes, en réalité suivant les lois fatales de l'association des idées et des impressions. On parle avec agitation, presque avec fureur et on s'étonne de voir autour de soi des personnes ne partageant pas l'ivresse qu'on ressent ; on s'indigne de la lenteur de leurs conceptions. »

A en juger par l'action physiologique du chanvre indien, il semble que cette substance soit appelée à jouer un rôle utile dans le traitement des maladies mentales.

Mais, en réalité, son emploi est des plus restreints, ses indications fort mal réglées, ses effets incertains. L'inconstance de la composition chimique du produit constitue une difficulté sérieuse à son emploi. Néanmoins, comme le pensent Richet et Raulin, il mériterait d'être l'objet de nouvelles recherches au point de vue de ses applications thérapeutiques.

J'ai cité encore le seigle ergoté. Luton de Reims a fait connaître l'action exhilarante de la teinture d'ergot de seigle associée au phosphate de soude.

Il l'a constatée d'une manière fortuite chez une femme à

laquelle — pour une arthrite subaiguë du genou droit — il avait administré simultanément une cuillerée à café de teinture d'ergot de seigle et une cuillerée à bouche de solution de phosphate de soude au 1/10. L'étonnement fut grand lorsqu'au bout de 3/4 d'heure à peu près, il se produisit chez la malade, sans aucun motif, une explosion de rires à grands éclats, qui pendant une heure ne s'arrêta guère et revint par accès très rapprochés. Ce rire semblait s'associer à des pensées gaies et trahir une sorte d'ivresse et même lorsqu'il fut apaisé, la personne en cause conserva pendant longtemps encore de l'entrain et de la bonne humeur.

Les mêmes résultats furent observés sur 7 ou 8 femmes ou jeunes filles. Les hommes donnèrent des réactions un peu moins vives (1).

Dans ces derniers temps, j'ai expérimenté le mélange de Luton.

Je l'ai pris moi-même, je l'ai donné à des hommes et à des femmes, à des individus sains et à des gens affectés de troubles psychiques divers : mélancolie, hystérie, déséquilibration mentale, etc. Le nombre des sujets qui ont absorbé la potion est de 11 et le chiffre total des essais a été de 19. Dans aucun cas, je n'ai observé le moindre phénomène indiquant une influence exhilarante.

Évidemment, ces résultats négatifs ne sauraient prévaloir contre les observations positives de Luton. Mais ils montrent, tout au moins, que l'action exhilarante n'est point régulière.

Peut-être pourrait-on incriminer la pureté du seigle ergoté dont il a été fait usage. Le seigle ergoté est un produit d'une grande altérabilité.

J'ai eu beau doubler et tripler la dose, employer des préparations de diverses origines, essayer successivement la teinture de seigle ergoté d'après la Pharmacopée fran-

(1) Cité par Raulin, p. 145.

çaise et la teinture de notre Pharmacopée, recourir au seigle ergoté dyalisé de Golaz, l'effet a toujours été nul.

Les expériences de Luton tendent à démontrer que c'est en créant un état d'ivresse que l'ergot de seigle associé au phosphate de soude produit le rire. Son action se porte donc également sur l'élément psychique. On sait d'ailleurs que l'ergot de seigle peut engendrer des folies bien caractérisées.

On pourrait allonger la liste des hilarants. L'alcool y figurerait à aussi juste titre que le protoxyde d'azote. La plupart des solanées vireuses amènent à doses toxiques des délires qui, en certains cas, revêtent une allure gaie et invitent au rire. Le délire de l'empoisonnement par la belladone en particulier, présente souvent un caractère expansif.

Dans une matière qui est aussi complexe que celle que nous traitons ici, qui conserve tant d'obscurités, tout partage du sujet risque de tomber dans l'arbitraire, de prendre un caractère artificiel. Néanmoins, la division est utile pour faciliter l'exposé et pour grouper les faits. Sous le bénéfice de cette réserve, j'ai réparti en deux groupes, les déviations du rire. Celles dont l'étude vient d'être achevée affectent plus spécialement l'élément psychique du phénomène ou appartiennent à l'ordre dynamique. Les anomalies du deuxième groupe que je vais aborder, intéressent plutôt l'élément somatique, le mécanisme physiologique ou relèvent de causes organiques.

Sans nous dissimuler les incertitudes qui entourent encore les données anatomo-physiologiques, nous suivrons l'examen de ces anomalies sur le schéma de l'appareil du rire (voir fig. 1).

Il y a d'abord les altérations des centres du commandement et de l'inhibition du rire ainsi que des fibres qui émanent de ces centres et les relient au centre thalamique et au centre bulbaire : altérations par hémorragie, altéra-

tions par ramollissement, etc. Elles se traduisent par *le rire et le pleurer spasmodiques*.

Il suffira de s'approcher des malades affectés de ce trouble, de leur adresser la parole, de se mettre à les examiner, de produire des excitations douloureuses de la peau pour qu'aussitôt ils soient saisis d'un rire forcé, incoercible, évoluant à la manière d'un accès (voir fig. 12).

FIG. 12. — Rire spasmodique chez une artérioscléreuse pseudobulbaire (Dupré).

FIG. 13. — Même malade que fig. 12 : pleurer spasmodique (Dupré).

Au rire s'associe ou se substitue souvent le pleurer. Cela débute comme un accès d'hilarité et cela se termine par des sanglots ; ou bien, l'expression de la gaieté se mêle, se combine à l'expression du chagrin en d'innommables mimiques (voir fig. 13).

Ces malades font l'effet d'être abêtis et l'on est tenté de les considérer comme atteints d'une sensiblerie niaise, d'une émotivité hébétée. Mais, il n'en est pas toujours ainsi. L'intelligence peut être entièrement conservée. Le sujet a conscience de son infirmité ; il s'en plaint.

Les crises de pleurs ou de rire ne se rattachent pas à un état émotif. Elles résultent de l'excitabilité ou de

l'excitation anormale des centres inférieurs qui sont soustraits à l'action modératrice des centres corticaux. Il s'agit d'une manifestation spasmodique réflexe.

On n'aura pas manqué de noter les ressemblances qui existent entre les crises convulsives de rire et de pleurer des pseudobulbaires avec celles que nous avons signalées dans l'hystérie.

L'hystérie est la grande simulatrice : elle imite, pour ainsi dire, toutes les maladies organiques du système nerveux.

On doit admettre que dans cette affection — mais, par suite d'un trouble purement dynamique — il y a, aussi bien que dans les lésions cérébrales dont il vient d'être question, une insuffisance de l'action inhibitoire des centres corticaux et un éréthisme des centres inférieurs.

Dans l'un et l'autre cas, on trouve intimement associés deux processus qu'à première vue, on serait enclin à considérer comme tout à fait antagonistes : le rire et le pleurer. En fait, leurs centres nerveux sont intimement associés ; leur mécanisme physiologique est analogue. Le rire comme le pleurer provoque les larmes. Le pleurer comme le rire débute par des contractions de la face pour gagner ensuite l'appareil respiratoire ; le sanglot, en effet, a son siège dans cet appareil.

Psychologiquement, les deux processus ont également des points de contact.

N'est-il pas des situations en face desquelles on ne sait s'il faut rire ou pleurer ? Et n'est-il pas vrai — comme Montaigne l'a développé (1) — que parfois nous pleurons et nous rions d'une même chose ?

« Artabanas, dit l'auteur des *Essais*, surprit Xerxès, son neveu et le tança de la soudaine mutation de sa contenance. Il était à considérer la grandeur démesurée de ses forces au passage de l'Hellespont pour l'entreprise de

1) Montaigne, *Essais*, édition Leclerc, tome I, p. 202.

la Grèce : il lui prit, premièrement, un tressaillement d'aise à voir tant de milliers d'hommes à son service et le témoigna par l'allégresse et fête de son visage et tout soudain au même instant, sa pensée lui suggérant comme tant de vies avaient à défaillir au plus loin dans un siècle, il refrogna son front et s'attrista jusqu'aux larmes. »

Sans doute, si un même objet peut susciter joie et peine, c'est parce que, comme le dit encore Montaigne, « chaque chose a plusieurs biais et plusieurs côtés ». Il n'en ressort pas moins que l'âme passe avec une singulière facilité d'un sentiment à l'autre, que souvent même elle associe et confond le plaisir et la douleur.

Si le centre de la coordination de la mimique, c'est-à-dire la couche optique, si les fibres qui en émanent sont détruites et si la lésion est circonscrite à ces parties, on observera une paralysie isolée de la mimique. Le malade pourra encore contracter volontairement les muscles de la face, puisque nous supposons que la voie des incitations volontaires est respectée, mais son visage ne réagira plus sous les influences émotionnelles.

Par contre, il pourra se produire une paralysie des mouvements volontaires de la face avec conservation de la mimique : dans ce cas, la couche optique et ses fibres seront intactes. Magnus a rapporté un cas de ce genre (1). Les mouvements voulus de la figure n'étaient plus possibles : le malade continuait, néanmoins, à rire et à sourire normalement.

L'altération du centre d'exécution entraîne naturellement la suppression de la mimique faciale : c'est ce qui s'observe dans la paralysie bulbaire progressive qui, anatomiquement, se caractérise par l'atrophie des noyaux bulbaires, celui du facial entre autres. Lorsque cette atrophie est très avancée, « le sujet garde dans tous ses traits une stupéfiante impassibilité ; sur son masque figé, pas

(1) Cité par Grasset, *Les centres nerveux*, p. 193.

même la plus légère, la plus fugitive contraction ne viendra déceler ses émotions intimes » (Vanlair). Cette même immobilité de la face se rencontre, mais comme conséquence d'un processus anatomo-pathologique différent, dans l'atrophie musculaire de l'enfance. Duchenne de Boulogne en a publié un exemple (1). Lorsque le sujet riait, ses zygomatiques n'agissaient plus : sa bouche s'agrandissait transversalement par la contraction des buccinateurs ; ses lèvres se renversaient un peu en avant, ce qui donnait à son rire une expression singulière. Ses camarades lui disaient qu'il riait en cul de poule.

Dans la paralysie du nerf facial — il s'agit de la paralysie périphérique — l'immobilisation ne se manifeste que d'un côté parce que, très généralement, un seul des nerfs est atteint. La moitié demeurée saine se contracte plus activement, parce qu'elle n'est plus contenue par la tonicité du côté opposé. Dans ces conditions, la face riante offre un aspect étrange ressemblant beaucoup à celui qu'elle présente dans l'hémispasme dont nous allons parler tout à l'heure.

Des spasmes, des convulsions dans le domaine des muscles affectés au rire pourront simuler celui-ci ou le défigurer.

Ces convulsions se rencontrent parfois dans l'épilepsie ordinaire. Bechterew (2) a publié des cas de cette maladie où l'attaque s'accompagnait de rire convulsif que le malade ne se rappelait pas plus que l'attaque elle-même.

Dans l'épilepsie Bravais-Jacksonienne, l'accès débute ordinairement par l'irritation du centre facial. Des contractions de la moitié correspondante du visage, en particulier l'élévation d'une des commissures donnant lieu au rictus, en constituent la manifestation initiale.

L'athétose, qui est également une maladie convulsive,

(1) Cité par Raulin, p. 164.
(2) Analysé dans la REVUE NEUROLOGIQUE, tome X, 1902, p. 1156.

peut intéresser les muscles de la mimique faciale (1). Elle donne lieu à des jeux de physionomie très changeants se succédant avec rapidité, d'une façon désordonnée et souvent asymétrique, imitant l'expression de l'étonnement, de la tristesse ou de la gaieté.

Ces contractions répétées finissent par laisser sur la face des rides profondes (voir fig. 14).

Fig. 14. — Athétose double. Contraction des muscles de la face à l'occasion de la parole (Michaïlowsky).

Quoique névrose généralisée, l'hystérie détermine parfois des accidents tout à fait localisés, par exemple le spasme de la face, c'est-à-dire une contraction plus ou moins permanente des muscles de la face.

Ce spasme facial — comme on peut le voir sur la fig. 15 — altère profondément le jeu de la physionomie, il crée

(1) Voir Michaïlowsky, *Étude clinique sur l'athétose double*, NOUVELLE ICONOGRAPHIE PHOTOGRAPHIQUE DE LA SALPÊTRIÈRE, tome V, 1892, p. 57. — Audry, *L'athétose double et les chorées chroniques de l'enfance*. Paris, 1892.

artificiellement une expression d'hilarité et déforme le rire naturel.

Je signalerai, enfin, les anomalies congénitales, dégénératives du rire. La dégénérescence entraîne souvent des désordres dans le fonctionnement des muscles : telle est la loucherie, tel est le bégaiement, telle est encore l'asymétrie fonctionnelle de la face et, en particulier, l'asymétrie mimique ou *hémimie* (Pierret).

FIG. 15. — Contraction faciale hystérique [Delprat (1)].

C'est à cette catégorie que je crois devoir rapporter l'asymétrie du rire chez le sujet dont la photographie se trouve reproduite à la figure 16.

Il s'agit d'un héréditaire, présentant de la débilité psychique. A l'état de repos ou dans les mouvements volontaires, on ne remarque point de différence entre l'innervation des deux moitiés de la face tandis que dans le rire et mieux encore, dans le simple sourire, on constate une

(1) NOUVELLE ICONOGRAPHIE PHOTOGRAPHIQUE DE LA SALPÊTRIÈRE, tome V, 1892, p. 38.

prévalence marquée de la contraction de la moitié gauche de la face.

Il faut noter que l'occlusion de l'œil gauche qui se voit sur la photographie, n'est pas un phénomène actif : elle résulte d'une paralysie du releveur de la paupière supérieure consécutive à des convulsions de l'enfance. On ne peut donc pas attribuer l'élévation de la commissure gauche à une contraction synergique de celle de l'orbiculaire (1).

FIG. 16. — Asymétrie de la mimique du rire.

D'autre part, rien ne permet de supposer que le sujet ait souffert d'une paralysie faciale du côté droit dont l'inertie relative dans le jeu de la mimique, serait le résidu. Il n'a pas été atteint de maladie de l'oreille (2).

(1) Henle (cité par Raulin, p. 43) a attiré l'attention sur cette synergie. Il a fait remarquer que lorsqu'on ferme exactement l'un des yeux, on ne peut s'empêcher de rétracter la lèvre supérieure du même côté.

(2) Lannois et Pautet, *L'asymétrie de la mimique faciale d'origine otique en pathologie nerveuse* (Congrès des médecins aliénistes et neurologistes, 11e session tenue à Limoges).

Telles sont les principales aberrations du rire. Elles ne sont point de pures curiosités ; elles constituent des signes de maladie, elles viennent au secours du diagnostic.

Le rire sollicite l'intérêt médical à d'autres points de vue encore.

Il lui arrive très exceptionnellement du reste, de désarticuler, de décrocher la mâchoire, de produire des hernies, d'amener des hémorragies. D'autre part, s'il en faut croire certains observateurs, la secousse morale et physique qu'il détermine, serait capable d'opérer des guérisons merveilleuses.

L'on ne doit guère compter sur de pareilles cures, mais chacun peut attendre de la gaieté et du rire, des effets salutaires au point de vue de la santé corporelle.

L'École de Salerne n'a fait que traduire les données de la sagesse du peuple, quand elle recommande la gaieté comme un médecin qui ne trompe pas :

Si tibi deficiant medici, medici fiant haec tria : mens hilaris, requies, moderata diaeta (1).

Gaieté, doux exercice et modeste repas : voilà trois médecins qui ne trompent pas.

Sans doute, le rire n'est pas toujours à portée.

Un des médecins renommés du XVIIIe siècle, Sylva est appelé près d'un malade consumé d'une vraie mélancolie.

— Je vous conseille, lui dit-il, d'aller voir Arlequin, c'est la meilleure drogue que je puisse vous faire prendre. Riez et vous serez sauvé.

— Hélas ! répliqua le malade.

— Mais pourquoi hésiter ?

— Arlequin, c'est moi !

Le pauvre Dominique (c'était le vrai nom du bouffon) ne tarda pas à succomber à son incurable mélancolie !

Mais, généralement, il dépend, en bonne part, de la

(1) *Schola Salernitana sive de conservanda valetudine.* Auctore Joanne de Mediolano. Rotterdam, 1667, p. 8.

volonté d'orienter notre humeur vers la sérénité, vers la joie et de nous mettre dans les dispositions propres à subir les influences hilarantes.

Sully nous apprend que dans « la joyeuse Angleterre » — c'est ainsi qu'il qualifie son pays — il y a pas mal de gens qui considèrent le rire comme une indécence, sinon comme une immoralité. Ces gens sont en dehors du sens commun.

La douce, la bonne gaieté, le rire sincère et honnête sont des présents de Dieu. Honnis soient ceux qui les dédaignent !

La sagesse nous dit d'en user, la justice nous commande d'en remercier le Ciel.

Dr X. Francotte.

ORIENTAUX ET OCCIDENTAUX EN ESPAGNE

AUX TEMPS PRÉHISTORIQUES

Dans la livraison d'octobre 1893 de cette REVUE (1), j'ai rendu compte d'une série de découvertes relatives à l'époque néolithique en Espagne. J'en déduisais l'existence de très anciennes relations avec les peuples de l'Est méditerranéen. De nouvelles trouvailles m'ont permis de donner aux faits une précision que je n'aurais pu espérer, et de déterminer la part qu'on peut attribuer à l'Orient et à l'Occident dans les civilisations qui se sont succédé en Espagne.

Pour bien comprendre l'époque néolithique, il est nécessaire d'étudier en même temps toute la suite de l'histoire du pays ; celle-ci en effet n'est pas une série incohérente d'événements : ses chapitres s'enchaînent l'un à l'autre, s'expliquent l'un par l'autre ; tel épisode historique n'est que le recommencement d'un autre, qui semble perdu dans les temps préhistoriques, et sa connaissance permet de restituer ce dernier à l'histoire. De même, nous devons revoir avec soin les plus anciennes traditions relatives au pays. Si, faisant abstraction d'idées préconçues, nous cherchons à traduire leur enseignement et celui des fouilles en une langue commune, nous constaterons qu'ils se complètent d'une façon étonnante, et nous aurons produit une source de lumière.

C'est vers ce but que tendent mes efforts.

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XXXIV, pp. 489-562.

DIVISION ET DÉBUTS DU NÉOLITHIQUE

A la fin de l'époque quaternaire, ou commencement de l'actuelle, les populations de l'Occident européen étaient en possession d'un outillage en silex très primitif, dérivé de celui qu'on trouve à la fin de l'occupation des cavernes. à l'époque magdalénienne. Ces outils sont extrêmement petits : celui qui joue le rôle principal, surtout dans la Péninsule, est un tronçon de lame découpé en forme de trapèze servant de bout de flèche : la céramique et le polissage de la pierre étaient inconnus : on trouve peu d'objets ayant un caractère ornemental.

Il existe des stations où l'on rencontre cet outillage seul, sans mélange d'autre plus perfectionné : il constitue donc par lui-même un ensemble complet, répondant à un état social déterminé. très rudimentaire et antérieur à celui dont nous allons nous occuper.

Dans d'autres stations, villages, sépultures, cachettes, on trouve ce même outillage, identique à lui-même. mais associé à des séries d'objets qui révèlent une civilisation beaucoup supérieure. L'étude des gisements prouve surabondamment qu'il n'y a pas mélange d'objets appartenant à deux époques successives, mais juxtaposition de deux industries contemporaines, l'une très primitive, l'autre beaucoup plus avancée. C'est l'apparition de cette dernière que je considérerai ici comme servant à fixer le début de l'époque néolithique proprement dite. Ainsi limitée, elle comprend en Espagne une série de phases dont le nombre augmente à mesure que les fouilles se multiplient ; mais pour les besoins de cette étude je ne considérerai que trois grandes divisions principales ; nous aurons ainsi le tableau suivant :

Division de l'époque néolithique

	Basée sur la taille du silex	Basée sur la nature des instruments nouveaux
I	Taille et formes primitives.	Pierre polie
II	» » intermédiaires.	» »
III	» » perfectionnées.	Cuivre

Le premier élément de cette classification est tiré de la taille du silex. Nous avons vu qu'avant le Néolithique, l'outillage de pierre se composait exclusivement de tout petits silex. Pendant la première des phases ci-dessus, il continue à être en usage à côté des instruments polis. Pendant la seconde, il se transforme : les lames deviennent plus grandes, les trapèzes se modifient : une de leurs pointes s'effile, et l'ensemble prend la figure d'un triangle allongé à base concave ; mais le procédé de taille reste le même. La dernière phase voit la taille du silex à son apogée : les lames sont des pièces superbes dont la longueur atteint 35 centimètres et plus ; les pointes de flèche sont traitées par un procédé nouveau, qui retaille toute leur surface et en fait des figures symétriques : l'habileté est poussée à l'extrême et produit de vraies œuvres d'art ; on fabrique aussi des poignards en silex, mais d'un travail généralement moins soigné.

Il y a quelques années, j'avais toujours rencontré les trapèzes modifiés en compagnie de flèches taillées sur les faces, et j'en avais conclu que ces dernières avaient servi de modèle, dont on avait copié le profil au moyen du procédé de taille ancien. Depuis, j'ai trouvé au moins une station importante, dont tous les caractères sont intermédiaires, et où les flèches sont exclusivement des trapèzes modifiés : cette forme doit donc être considérée comme un produit d'évolution locale antérieure aux flèches perfectionnées de la dernière période. Quant à celles-ci,

elles constituent le dernier terme de cette même évolution. Il y a cependant des faits qui appellent une autre explication, et j'aurai à revenir sur ce sujet.

Le second élément de classification est tiré de l'emploi de la pierre polie et du cuivre. Pour en saisir la portée, il faut se rendre compte du rôle de ces matériaux. On semble souvent admettre que le polissage est le dernier degré de perfectionnement dans le travail de la pierre. Cette notion est erronée. Il suffit pour la renverser de jeter un coup d'œil sur le tableau ci-dessus où on voit que la taille du silex a été rudimentaire pendant la majeure partie du règne de la pierre polie, et qu'elle a atteint son apogée précisément au moment de la décadence de celle-ci. D'autre part, on ne constate pas l'existence d'une période où on aurait graduellement passé de la taille par éclatement à celle par martelage et polissage : au contraire, lorsqu'on a pu établir l'âge exact des outils polis, on constate que les plus anciens ne sont pas en silex : en Espagne, comme généralement dans le Midi, ils ne le sont même jamais ; ils sont en roches telles que la diorite et la fibrolithe, qui n'étaient pas employées avant l'application du nouveau procédé. Que le principe de celui-ci fût connu de tout temps, on ne peut le mettre en doute ; mais on ne l'a jamais appliqué au façonnage des formes anciennes : celles-ci, même quand le polissage est largement appliqué, continuent à s'obtenir par éclatement, en évoluant dans une tout autre direction. Le procédé consistant à polir la pierre, ou plus exactement à la marteler et à l'aiguiser, est exclusivement employé à un genre d'instruments qui apparaît en même temps que lui et qui n'a aucune ressemblance avec les silex taillés.

Les instruments polis ou aiguisés forment donc un attirail nouveau, entièrement indépendant de celui en silex, autant par les formes que par le procédé et la matière utilisée, tous caractères qu'il montre dès sa première apparition. On peut affirmer qu'il répond à des

besoins d'un ordre tout à fait nouveau comme lui-même. Et sa décadence ne correspond pas à la disparition de ces besoins, mais à l'emploi d'une substance qui lui est supérieure : le cuivre. Les instruments en métal, eux aussi, sont martelés, polis et aiguisés ; leur tranchant s'obtient et se refait de la même manière, répond aux mêmes nécessités ; ils sont bien de la même famille, différente de celle des silex taillés. Il serait téméraire de prétendre que les haches de pierre descendent de celles en cuivre, mais en signalant la possibilité de cette hypothèse, on fait bien sentir la portée de l'apparition du polissage et sa grande signification : c'est en dehors de l'industrie préexistante du silex qu'est apparue celle des haches, des herminettes, des coins, des ciseaux et des gouges pour la fabrication desquels on a choisi les substances les mieux appropriées : cuivre, diorite, fibrolithe, silex.

Pour mieux comprendre que l'introduction de ces outils signifie beaucoup plus que l'acquisition d'un nouveau système pour tailler la pierre, il suffit de constater qu'ils sont partout et toujours accompagnés des premiers vases en terre cuite, parfois déjà ornés ; de graines carbonisées et de meules à broyer le grain ; qu'on les trouve dans les plus anciens fonds de cabanes ; qu'avec eux naissent, ou prennent un subit développement, l'emploi de l'os, le goût des parures, le culte des morts et de certaines divinités. En un mot, la pierre polie est un caractère accessoire, un témoin de l'avènement de l'agriculture avec son cortège habituel d'industries, de la transformation d'une race vivant au jour le jour en un peuple prévoyant, puisqu'il laboure et sème en attendant la récolte, et qu'ensuite il fait provision de blé. Le principe de la propriété du sol, acquise par le travail, est une suite de ce changement, comme aussi une vie sédentaire, la construction de magasins, de maisons, de villages. C'est, en un mot, l'aurore de la civilisation.

La construction de maisons, de dépôts, d'appareils

divers pour l'agriculture et toutes les industries nouvelles, implique un usage très fréquent du bois. Pour couper des troncs d'arbre, les fendre, les débiter, les tailler, à quoi auraient pu servir les lames microscopiques du magdalénien, ses petits grattoirs, ses fines pointes ? Il fallait un tout autre genre d'outils, et c'est à cette nécessité que répondent les instruments en pierre polie. Le courant qui apporta l'agriculture possédait cet outillage, dont les formes se sont conservées jusqu'à nos jours sans grands changements.

La hache polie n'est pas un symbole de la guerre : c'est celui de la civilisation nouvelle, que résume l'agriculture. Les anciens considéraient celle-ci comme le don d'une divinité à laquelle ils rendaient un culte. Nous voyons sur les parois des cryptes sépulcrales néolithiques en France, la représentation d'une divinité, avec, comme attribut, la hache polie. On n'aurait pu mieux choisir pour traduire graphiquement l'existence du susdit culte, continué par l'antiquité classique. Remarquons en passant que sa naissance paraît s'expliquer plus naturellement si l'agriculture fut vraiment un don, reçu d'une nation supérieure.

Quant à l'origine de cette civilisation, dans l'article cité plus haut, j'ai signalé des analogies très significatives entre les mobiliers de l'époque de la pierre polie en Espagne et ceux des plus anciennes villes d'Hissarlik. Je reprendrai brièvement la comparaison.

L'industrie du silex est toute différente dans les deux pays : elle date d'une époque où il n'existait pas de relations entre eux. Celle de la pierre polie est identique : on dira que cela va de soi, que c'est un stade par lequel presque tous les peuples ont passé ; cela est exact ; mais pour montrer que dans le cas actuel il y a de plus contemporanéité et certains rapports très étroits entre les industries des deux pays, il suffit d'examiner les objets qui accompagnent la pierre polie. Commençons par les

poteries. L'histoire de la céramique prouve que c'est un des arts qui impriment le mieux à leurs produits le sceau de l'époque et de l'école auxquelles ils appartiennent. Les plus anciens vases espagnols, par la grossièreté de leur exécution, témoignent de l'inexpérience des ouvriers ; et cependant leurs formes sont déjà avancées et de celles que doit précéder une certaine pratique : on sent l'influence de modèles plus parfaits ; or c'est précisément à Hissarlik qu'on trouve un ensemble de produits qui ont pu inspirer ceux d'Espagne, et dans les deux pays les formes se modifient aux époques suivantes : il en est de même des ornements incisés qui décorent les vases.

Un autre objet joue un rôle important : le fusaïole en terre cuite. On sait que Schliemann en a recueilli des milliers dans les anciennes villes d'Hissarlik et que dans la suite ils deviennent rares. En Espagne ils caractérisent la même époque de la pierre polie, après laquelle on n'en trouve pas.

L'identité des idoles plates de pierre en forme de violon, est complète entre les exemplaires espagnols et troyens, et, comme pour les objets précédents, exclusivement propre à la pierre polie : après, en Espagne comme à l'Est, on leur voit succéder d'autres idoles de forme différente.

Ces faits ne s'expliquent plus par le hasard ni par le parallélisme inévitable dans la marche de l'industrie : ils sont le produit de conceptions locales, individuelles, qui ne se produisent pas deux fois indépendamment. La grande supériorité des objets d'Hissarlik proteste d'ailleurs contre l'identification du degré de culture.

Quelques mots sur les objets de parure. Le palais d'Hissarlik contenait de nombreux bijoux en or et en argent. En Espagne ils sont faits au moyen de coquilles ou de pierres ; une grotte sépulcrale a livré un diadème en or : cette pièce unique diminue un peu la distance que l'abondance de l'or crée entre les deux civilisations que

nous comparons. Mais il y a plus : si avec MM. Perrot et Chipiez on étudie les éléments des diadèmes, colliers et boucles d'oreilles d'Hissarlik, on y sent encore la barbarie qu'au premier aspect voile l'éclat de tant d'or. Si on regarde de plus près, cette impression s'accentue, car on y reconnaît l'imitation d'ornements de coquilles ; en effet, les rondelles de test de cardium, incomplètement usées, présentent sur leur pourtour de petits becs ; sur leurs faces, se voient des lignes concentriques ou des droites parallèles : copiés sur des rondelles en or, régularisés et appropriés au métal et au procédé employé, ces éléments sont devenus ceux que portent les perles de collier d'Hissarlik ; d'autres pendeloques sont inspirées des cyprées, ou de fragments allongés de test coquillier ; le type habituel des pendants d'oreilles dérive de la coquille trouée du cardium.

Si ce sont bien là les tout premiers pas au sortir de la barbarie, la présence des métaux et de l'art naissant n'en constitue pas moins une grande supériorité. Celle-ci d'ailleurs est une des circonstances nécessaires pour rendre compte du courant venant de l'Est. Nous le verrons mieux dans la suite.

LA DERNIÈRE PHASE DU NÉOLITHIQUE

La dernière phase du Néolithique est caractérisée en Espagne par l'apogée de la taille du silex et par la décadence de la pierre polie devant l'invasion du cuivre. J'ai déjà émis l'opinion que cette période est contemporaine de la civilisation mycénienne et influencée par elle. Si dans l'étude comparative qui doit établir cette thèse, on considérait isolément chaque série d'objets, il pourrait rester un certain doute : mais devant l'ensemble la conviction se fait, et elle achève de se confirmer à la vue de

l'enchaînement des différentes parties de l'histoire, qui se complètent et s'éclairent mutuellement.

Commençons par l'industrie de la pierre.

A Mycènes on trouve quelques haches polies ; mais leur rôle est absolument effacé ; en Espagne elles sont de même exceptionnelles dans les tombes les plus récentes du Néolithique.

L'industrie du silex ou de l'obsidienne est beaucoup plus développée en Espagne qu'à Mycènes ; on en voit la raison : les habitants du premier de ces pays ne disposant pas, comme les Mycéniens, du bronze pour la fabrication des outils minces, tranchants ou perçants, ont poussé beaucoup plus loin la perfection de la taille du silex. Les magnifiques poignards scandinaves resteront le meilleur exemple à l'appui de cette démonstration. Malgré cela, Schliemann a recueilli, dans une des plus riches tombes de l'acropole de Mycènes, trente-cinq pointes de flèches en obsidienne d'un bon travail : elles formaient partie de l'armement d'un personnage royal, couvert d'or, accompagné d'épées, de lances et de poignards en bronze d'un travail remarquable : il n'y avait aucune flèche en métal. Donc au point de vue de l'emploi de la pierre, de la belle taille du silex ou de l'obsidienne, la différence entre le Mycénien ancien et le Néolithique espagnol consiste seulement dans la proportion des objets en pierre relativement à ceux en métal.

Cette constatation est capitale au point de vue de l'âge relatif des deux civilisations. On peut à ce sujet raisonner de deux manières, suivant le point de vue auquel on se place :

1° L'abondance et la nature des métaux à Mycènes correspondent à un niveau industriel plus élevé, donc à une époque plus récente ;

2° L'identité des flèches de pierre entraîne la contemporanéité des deux civilisations.

Le premier raisonnement est celui qu'on fait d'habi-

tude : on se débarrasse de l'objection tirée de la présence des flèches de pierre en parlant de survivance d'un âge plus ancien. Pour peu qu'on veuille donner un sens à cette réponse, on s'aperçoit qu'elle revient à rajeunir la fin de l'usage des armes de pierre, ou à vieillir celui des métaux, et l'objection reste entière.

Le second raisonnement prend comme élément chronologique l'objet le plus ancien, et par cela même il est plus juste : si les deux pays ont eu une époque où ils faisaient usage de flèches en pierre, on ne peut pas admettre que le plus avancé des deux ait tardé plus que l'autre à les remplacer par celles en métal : il faut donc considérer les flèches mycéniennes comme au moins aussi vieilles que les flèches espagnoles. Que, disposant du bronze, on ait continué à les faire en pierre, cela n'a rien d'étonnant : la pierre devait présenter des avantages; d'ailleurs le fait est là, et il est loin d'être unique : il se répète dans les sépultures françaises au point d'être la règle, et d'après M. A. Martin la belle industrie des pointes de flèche en silex a été créée par le bronze.

Supposer les flèches mycéniennes plus récentes que celles d'Espagne, c'est les faire contemporaines de l'âge du bronze dans ce pays ; or, malgré quelques progrès industriels, la civilisation de cet âge diffère beaucoup plus de la mycénienne que celle du Néolithique.

La grande abondance de métaux précieux accompagnant les flèches en pierre de Mycènes, contraste avec leur absence en Espagne; mais ce contraste est également un fait, et loin de fournir une objection, il donne la clef de l'histoire du Néolithique : sans lui, on ne pourrait pas comprendre les expéditions des Orientaux en Espagne.

Autre chose très remarquable : le type des flèches mycéniennes, rare en Europe, caractérise en Espagne, par son abondance et par la beauté des produits, précisément et exclusivement la province où nous constaterons tant d'autres influences venant du bassin oriental de la

Méditerranée, celle qui fut de tout temps le point de mire des Phéniciens. Une coïncidence si visible doit avoir une signification : il doit exister, dans ces pointes de flèche, quelque chose qui est venu de l'Est ; l'avenir dira si c'est leur type, si ce ne sont pas des flèches elles-mêmes. Voilà le motif de ma réserve lorsque je me suis demandé si la belle taille du silex était exclusivement le résultat d'une évolution locale.

Je viens de faire allusion aux expéditions des Orientaux en Espagne, et de nommer les Phéniciens. On sait que les marchés de Sidon regorgeaient de l'or et de l'argent de Tarshis ; que l'étain fut pendant longtemps une des principales sources de richesse des Phéniciens, et combien ils faisaient d'efforts pour conserver le monopole de son commerce ; ce métal avait plus d'importance encore que l'argent : il devenait de plus en plus nécessaire et nous pouvons être assurés que toute la production était dirigée sur les marchés de l'Est, où il était bien payé, et que pas une parcelle n'en était détournée au profit des peuplades arriérées. La navigation du temps avait pour seul et unique but le drainage vers les centres civilisés de tous les produits précieux des pays neufs, et l'inégalité que nous constatons à chaque pas entre les civilisations contemporaines des deux extrémités de la mer intérieure en est tout à la fois la cause et le résultat, la condition *sine qua non*.

Ne nous étonnons donc pas si à une même époque Mycènes est riche en bronze, tandis que l'Espagne ne possède que le cuivre : si un doute pouvait subsister sur la cause de l'absence du bronze, il suffirait pour le lever, de considérer la métallurgie de l'âge du bronze en Espagne : malgré la pleine connaissance de cet alliage, il est encore rare, le cuivre est plus abondant : on voit avec quelle difficulté l'étain y pénétrait et on comprend qu'à une époque plus ancienne, il n'en parvenait pas du tout.

L'argent et le plomb ont joué dans l'antiquité un rôle considérable. Le premier a fourni la matière d'un grand nombre de bijoux et de vases, qu'on retrouve dans le bassin égéen dès l'âge de la pierre polie ; du second on possède très peu d'objets ouvrés ; mais il était indispensable dans la métallurgie de l'argent. Celui-ci s'extrait surtout des minerais de plomb et, en deuxième ligne aujourd'hui, de ceux de cuivre. Le Sud de l'Espagne contient des gisements très riches des uns et des autres, et les Carthaginois comme les Romains les ont connus et exploités.

Quelques mots sur la métallurgie de l'argent sont nécessaires. On commence par produire le plomb ou le cuivre par simple fusion du minerai au charbon de bois. Le plomb s'obtient très facilement : pour le cuivre c'est un peu plus difficile, et j'ai pu constater que les néolithiques cassaient le minerai en petits morceaux, qu'ils chauffaient avec du charbon de bois : le feu était insuffisant pour produire une masse liquide, mais chaque fragment subissait isolément l'action réductrice de la flamme : il s'y produisait des particules de cuivre métallique ; après refroidissement on broyait les morceaux à demi fondus et au moyen d'un lavage on extrayait les parcelles de cuivre : on les refondait ensuite dans des moules ou des creusets. Tout l'argent des minerais se retrouve dans le plomb ou dans le cuivre. Les proportions sont excessivement variables : disons en passant qu'un métal contenant 1 % d'argent est considéré comme très riche.

Voici maintenant comment on extrait l'argent.

Si c'est du plomb, on le maintient fondu dans une cuvette plate appelée coupelle : on dirige un courant d'air à la surface du bain ; le plomb s'oxyde en formant de la litharge qui surnage et qu'on enlève continuellement : à la fin tout le plomb est ainsi éliminé et l'argent reste seul ; on reconnaît la fin de l'opération à l'éclat que prend brusquement le bain : cela s'appelle l'éclair. Les toutes dernières traces de plomb sont difficiles à éliminer, et on ne

le fait pas, parce qu'elles ne nuisent pas aux propriétés de l'argent : il faut l'analyse chimique pour en constater la présence.

Si le métal riche est du cuivre, comme celui-ci ne s'oxyde pas seul, on lui ajoute du plomb, qui l'entraîne dans l'oxydation. et les deux métaux alliés sont éliminés dans la litharge. Mais si la quantité de plomb ajoutée est insuffisante, aussitôt qu'elle est consommée le cuivre qui reste ne s'élimine plus, à moins d'ajouter encore du plomb. Seulement, comme une certaine dose de cuivre n'altère pas sensiblement les qualités de l'argent, il se peut que les anciens aient souvent produit de l'argent plus ou moins cuivreux sans s'en douter, et que dans certains cas, pour des raisons voulues ou non, on ait même laissé des proportions très fortes de cuivre. Ainsi s'expliqueraient les objets qui contiennent autant et plus de cuivre que d'argent. On peut y voir des alliages intentionnels, mais il est plus probable que ce sont des résultats d'affinages incomplets. Les objets en argent d'Hissarlik et de Mycènes analysés par Schliemann, contiennent de 3 à 4 % de cuivre et des traces de plomb, témoins du procédé employé pour la désargentation.

Revenons au Néolithique espagnol : s'il est contemporain du Mycénien, qui connaissait l'argent et le plomb, il faut s'expliquer l'absence de ces métaux en Occident.

Dans une bourgade néolithique, située dans un des plus riches centres producteurs d'argent de l'antiquité, tout près de ma maison, et que je puis donc fouiller minutieusement, j'ai rencontré dernièrement des fragments de galène argentifère et même du plomb fondu : je n'ai pas de doute sur le gisement de ces matières, mais je n'ai vu en place que le minerai ; le métal a été trouvé en mon absence. Lorsque je rencontrai le premier fragment de minerai de plomb, je fus très etonné et très perplexe. Attribuer au hasard ce qu'on ne comprend pas est un procédé peu scientifique : j'en arrivais à admettre que les Néo-

lithiques avaient apporté là intentionnellement ce morceau de galène : mais j'avoue que tout en croyant déjà alors très fermement à l'existence de relations avec le monde égéen riche en métaux, il restait dans mon esprit une telle dose des idées courantes sur le peu d'antiquité du plomb relativement au Néolithique, que je ne m'arrêtai pas un instant à l'idée que les anciens avaient là cette matière pour en extraire le plomb. Mais, quelque temps après, une autre maison de la même bourgade me livre plusieurs autres morceaux de galène et du plomb métallique ; j'étais travaillé par une autre constatation : c'est que le minerai de cuivre de la même station contenait une notable proportion d'argent. A ce moment survint une découverte qui rompit le charme, quoiqu'elle n'appartienne pas au néolithique. J'avais repris les fouilles de la nécropole des Eriales, composée d'un certain nombre de dolmens : le mobilier des uns est néolithique ; celui des autres est de l'âge du bronze, quoique je n'aie constaté jusqu'à présent que des objets en cuivre. L'examen de ces sépultures montre avec toute clarté qu'elles sont du tout premier début de l'âge du bronze, et immédiatement postérieures au Néolithique, sans interposition d'aucune époque intermédiaire. Dans ces dolmens, j'avais trouvé des bracelets et des pendants d'oreilles en cuivre, en argent et en argent contenant 10 à 12 % de cuivre ; parmi ces bijoux il y en avait deux dont je n'avais pas encore déterminé la nature ; après la trouvaille du plomb néolithique, je les fis examiner au laboratoire, où il fut constaté qu'ils étaient en plomb ! Mon chimiste D. Ramon de Cala, ne pouvant admettre qu'on eût fait des bijoux en plomb, soupçonna qu'ils avaient été dorés ; et en effet, l'analyse trouva 5 % d'or, et en attaquant un petit tronçon entier par l'acide, il laissa une gaine cylindrique de substance non dissoute, translucide ; c'était l'or réduit à cet état par la présence de sels de plomb, et devenu invisible par cette altération.

Le signal était donné, et toute une série de faits

étranges et mal interprétés, s'éclaira d'un jour nouveau : il y a plus de vingt ans, nous avions découvert dans les villes et sépultures de l'âge du bronze, quantité d'objets en argent dont beaucoup contenaient du cuivre, quelques-uns un peu de plomb : nous avions aussi des lingots de plomb et même de la litharge, produit de l'affinage de l'argent. Nous n'avions trouvé d'autre explication à la présence de l'argent que la connaissance de gisements du métal natif, comme celui de Herrerias (Cuevas), car nous écartions absolument l'idée qu'à l'âge du bronze on aurait pu connaître le procédé de la coupellation du plomb. Le cuivre des objets d'argent était supposé allié intentionnellement. Les lingots de plomb, dont nous ne mettions pas en doute l'ancienneté, étaient, croyions-nous, des traces d'essais, de recherches sans importance : quant à la litharge, malgré une certaine préoccupation, nous la considérions comme probablement plus récente, l'endroit de la découverte n'ayant pas été rigoureusement déterminé. Si l'on veut tenir compte de ce que, par suite des idées reçues, nous avons toujours été tentés d'écarter systématiquement l'ancienneté des trouvailles de plomb, on reconnaîtra que plus d'un fait a pu nous échapper ; cela ne fait qu'augmenter la valeur de ceux qui ont résisté, et dont l'ensemble malgré tout assez imposant, amène des conclusions inattendues.

Nous savons donc que les Néolithiques d'Espagne ont produit du plomb, et que leurs successeurs de l'âge du bronze employaient le plomb et l'argent.

Mais que faisaient les Néolithiques avec le plomb ?

Un des faits de la haute antiquité dont l'histoire a conservé le souvenir le plus précis, malgré quelques détails fabuleux, est la découverte de l'argent en Espagne par les Phéniciens. Elle nous raconte que ceux-ci, attirés dans le pays par leur commerce, apprirent l'existence de riches gisements d'argent, dont les indigènes ignoraient la valeur : qu'ils le leur achetèrent à vil prix pour le revendre

en Grèce, en Asie; que parfois il y en avait tant sur le marché qu'ils ne pouvaient tout charger sur leurs navires : alors ils coupaient leurs ancres en plomb et les remplaçaient par d'autres en argent. Ce commerce se prolongea, et procura aux Phéniciens d'immenses richesses.

Ce récit paraît au premier abord présenter des exagérations et même des contradictions.

Puisque les indigènes ignoraient la valeur de l'argent, il ne s'agit pas d'une époque où ils l'utilisaient pour leurs bagues, leurs bracelets, leurs boucles d'oreille et leurs couronnes. Mais comment ont-ils pu le produire et le vendre sans l'employer eux-mêmes ? D'un autre côté, supposer des gisements si fabuleusement riches qu'on en chargeait de pleins vaisseaux et qu'il en restait toujours, c'est dépasser les limites de la vraisemblance.

Ces difficultés disparaissent si on admet que la marchandise achetée par les Phéniciens était du plomb et du cuivre argentifères, ou même des minerais d'argent.

Ce que nous croyons un langage imagé, exagéré, est au contraire un langage essentiellement commercial : les Anglais qui viennent aujourd'hui charger le plomb espagnol aux mêmes ports qu'autrefois les Phéniciens, sont acheteurs d'argent, non de plomb, car ce dernier produit est accessoire et le premier fait la valeur des lingots. Cela était encore plus vrai au temps des Phéniciens : la valeur de l'argent relativement à celle du plomb était plus grande : celui-ci n'était pas même considéré comme un métal ; c'est à peine si plus tard on lui donne un nom ; il servait à la coupellation du cuivre riche ; c'était une impureté à éliminer, et quand on l'emploie comme tel, c'est pour falsifier l'or, ou à cause de son grand poids, pour en faire des ancres : on en a retrouvé qui pèsent jusqu'à 750 kilogrammes.

On comprend maintenant que les indigènes aient pu vendre aux Phéniciens de grandes quantités d'argent sans en connaître la valeur, puisque cet argent était caché dans

le plomb dont ils ne pouvaient rien faire, ou dans le cuivre qu'ils avaient en grande abondance.

Cette histoire de la découverte et du premier commerce de l'argent amène plusieurs conséquences importantes.

Elle nous donne une date assez précise pour la dernière phase du Néolithique espagnol, car les Phéniciens n'ont pu commencer ce trafic avant le milieu du second millénaire ; d'autres découvertes nous conduiront au même résultat.

Elle nous dit qu'à l'époque où les Phéniciens recherchaient l'argent, les indigènes n'en connaissaient pas la valeur : autant vaut dire que la civilisation des premiers était beaucoup supérieure ; connaissant celle-ci ou celle de Mycènes, nous aurions pu d'avance nous attendre à trouver les Espagnols contemporains attardés à l'âge de pierre ou très peu avancés dans l'industrie du métal.

Elle nous fait toucher du doigt le rôle des Phéniciens en Espagne, leur action de drainage des produits précieux vers leur métropole. Pendant toute la durée de leur commerce préhistorique, on ne trouve pas d'or dans les sépultures d'Espagne ; on le connaissait et l'employait cependant avant eux, et à peine disparaissent-ils, qu'il réapparaît dans les mobiliers, en quantité assez sérieuse. Faut-il en déduire qu'ils parvenaient à arracher même l'or aux indigènes ? De leur part ce ne serait pas étonnant ; on me concédera tout au moins qu'il y a peu d'espoir de trouver au Néolithique espagnol des objets précieux importés de l'Est, quand les produits de valeur du pays y font défaut. On conçoit aussi que les Phéniciens, même s'ils faisaient déjà le commerce de l'étain, n'en aient pas apporté en Espagne.

Elle nous montre pourquoi l'absence de bronze et d'étain n'empêche pas la civilisation néolithique d'Espagne d'être contemporaine de celle de Mycènes, puisque précisément les peuples civilisés de l'Est méditerranéen s'enrichissaient avec les métaux des autres pays.

Si l'on s'étonne de la longue durée de cet état de choses, il faut se rappeler que l'histoire la donne comme un fait, et encore une fois elle s'explique par la grande infériorité des indigènes ; les fouilles nous montrent d'ailleurs que non seulement ils ignoraient la valeur et les applications de l'argent, mais qu'ils n'employaient pas même le cuivre, si abondant, à faire des bijoux ; antérieurement, les bracelets en pierre et en coquille abondent; mais à la fin du Néolithique cette mode n'existe pas : c'est étrange, mais très réel ; aussitôt après, elle s'établit tout d'un coup et d'une façon générale. On peut aussi invoquer cette raison, que si même à un moment donné les Néolithiques ont soupçonné le secret des Phéniciens, il leur manquait encore beaucoup pour être capables d'extraire l'argent du plomb, et en attendant celui-ci restait pour eux sans valeur. Enfin, le caractère des Phéniciens nous est assez connu pour que nous ne doutions pas qu'ils auront mis tout en œuvre pour maintenir leur supériorité : ils ont même eu recours à la guerre pour se rendre maîtres du pays et mieux tenir leur proie.

Abordons maintenant un tout autre ordre de faits non moins intéressant.

On sait que le poulpe est un des motifs de prédilection de l'art mycénien : il y est reproduit sous toutes les formes : certains dessins sont réalistes, d'autres très stylisés, dont le but est ornemental ou symbolique. Parmi ces derniers, il y a tout particulièrement une série que MM. Perrot et Chipiez ont d'abord fait connaître, et que M. Fréd. Houssay a interprétée avec une rare clairvoyance. Ces poulpes, peints sur des vases, ont le corps très allongé, les yeux très marqués : les quatre paires de bras sont des lignes ondulées, terminées par un enroulement avec un signe particulier. Entre les bras sont peints des animaux divers, hérissons, chevaux, poissons, oiseaux, etc. M. Houssay y reconnaît l'expression des idées philo-

sophiques des Mycéniens, une théorie de l'évolution, considérant la mer comme le grand laboratoire où se brassent tous les principes vivants. Pline développe cette même philosophie. Mes découvertes en Espagne fournissent un argument inattendu, mais très précieux à l'appui de la théorie de M. Houssay.

Je retrouve en effet le poulpe figuré sur un très grand nombre d'objets néolithiques ayant un caractère religieux. L'animal y est encore plus stylisé qu'à Mycènes : la meilleure représentation se trouve deux fois sur un vase grossier, peinte en rouge : le corps est une ligne verticale, les yeux sont deux cercles avec un point central ; les quatre paires de bras se relèvent verticalement ; les inférieures sont terminées par un chevron à la place de l'enroulement mycénien : les paires supérieures se retournent au-dessus des yeux, où on voit d'autres lignes rappelant des sourcils.

Grâce aux vases mycéniens, je crois qu'on ne peut hésiter à y reconnaître le même poulpe, encore plus stylisé, et par conséquent, exclusivement symbolique. L'exécution est beaucoup plus mauvaise, mais à part cela, la seule différence consiste dans la terminaison des bras. Ce détail, loin de nous gêner, est un très curieux élément de précision. Dans les nombreux dessins accompagnant ou non le poulpe sur les objets néolithiques de la Péninsule, l'enroulement ou la spirale si caractéristique des Mycéniens est totalement absent : je n'en connais pas un seul exemple ; cela est d'autant plus frappant que certains motifs de décoration présentent dans l'ensemble de leurs contours, les mêmes dispositions que ceux de Mycènes, et c'est seulement la nature des lignes qui varie : à Mycènes c'est la spirale, en Espagne le chevron, le triangle, le carré ou le losange formant des damiers ; ainsi la différence observée dans l'extrémité des bras du poulpe est commune à tout le système décoratif. Or, si la spirale est la courbe préférée des Mycéniens, c'est dans

les anciens objets phéniciens ou chypriotes qu'on doit chercher les lignes angulaires de notre Néolithique, notamment les damiers, motif fréquent et absolument identique de part et d'autre.

Les poulpes d'Espagne sont donc phéniciens, non mycéniens. Cela pourra servir de point de départ à des aperçus intéressant l'histoire du symbole lui-même, ainsi que celle des Phéniciens : pour nous l'essentiel est d'y trouver une nouvelle preuve de la présence des Phéniciens en Espagne.

Nous voyons aussi confirmée la contemporanéité de la dernière phase néolithique et du Mycénien. En effet, laissant de côté le caractère phénicien de notre poulpe, celui-ci est certainement un motif propre à la civilisation mycénienne. M. Houssay croit le retrouver dans les figures dites de chouette sur les vases d'Hissarlik ; mais il y a dans cette attribution quelque chose de contradictoire : des dessins aussi stylisés, aussi éloignés de la réalité, devraient être les derniers, non les premiers termes de l'évolution : c'est en plein Mycénien qu'on trouve toute la gradation. En tout cas, c'est bien à cette dernière série que se relient les poulpes espagnols.

La stylisation extrême de ceux-ci semble indiquer qu'ils ne sont pas nés dans le pays, qu'ils y sont arrivés déjà à l'état de symbole. Comme dans le monde mycénien ils personnifiaient le pouvoir créateur de la vie, il est à supposer que nos Turdétans ont accepté une philosophie toute faite, et ont vu dans ces grossières images les représentations d'une divinité. L'examen complet du même vase va nous confirmer dans cette manière de voir, comme celui des autres figures symboliques. A côté des deux poulpes, sont peints des triangles formés de points, les uns avec le sommet vers le bas, les autres avec le sommet vers le haut. Tâchons de comprendre leur signification. J'ai trouvé dans une maison néolithique une grossière statuette de pierre représentant une femme

sans tête ni bras, peut-être brisée. Les parties sexuelles, comme sur tant d'autres en Égypte et dans le bassin égéen, sont marquées par un grand triangle rempli de points ; ce triangle est peu réaliste ; il est, lui aussi, stylisé ; et ici le doute n'est pas possible : il exprime l'idée de maternité. Il me semble qu'il est permis de retrouver la même idée dans les triangles formés de points, alors même qu'ils ne sont pas sur une image féminine, par exemple sur le vase aux poulpes. Une fois admis que ce triangle est devenu un signe hiéroglyphique, l'expression graphique d'une idée, on peut se demander si un triangle en tout semblable, mais avec le sommet retourné, ne signifierait pas l'idée complémentaire, celle de paternité ; de là à réunir les deux par le sommet il n'y a qu'un pas pour exprimer l'union de sexes, l'idée de reproduction, de conservation de la vie. Déjà la découverte de M. Houssay nous fait saisir le sens philosophique du poulpe, image du principe créateur de la vie, et le caractère sacré du vase ; or, si nous lisons les triangles avec la clef proposée ci-dessus, en allant de droite à gauche, comme les Phéniciens, nous trouvons alternativement un triangle féminin et un masculin, trois fois, puis les deux derniers formant une seule figure à sommet commun, celle du principe conservateur de la vie.

Nous aurions donc sur ce vase liturgique un résumé de la philosophie ou de la religion apportée par les Phéniciens en Espagne.

Mais l'interprétation du double triangle demande confirmation.

Les mystères de la création et de la conservation de la vie ont toujours grandement préoccupé les anciens ; ceux-ci ont extériorisé les conceptions de leur esprit en des figures d'idoles et des représentations tirées de la nature, des organes et des êtres qui leur semblaient avoir les rapports les mieux marqués avec ces mystères. Les statuettes à grand triangle sexuel, les dessins de

poulpes en sont des exemples. En voici un autre, sur des vases représentés dans l'article précédemment cité (fig. 221 et 222) (1). Sur chacun d'eux on voit un cerf à la ramure puissante, entouré de biches ; c'est, avec le poulpe, le seul animal que j'aie retrouvé sur des vases. Pline décrit l'étonnement que causaient aux penseurs de son temps la chute annuelle des bois du cerf, et la relation de leur croissance avec la force reproductrice de l'animal : si celle-ci lui est enlevée, les bois ne repoussent pas. Ces idées étaient plus vieilles que Pline, et nous pouvons bien y voir une allusion sur nos vases préhistoriques ; or, détail vraiment éloquent, sur chacun de ces tableaux, à une place où on se demande ce qu'elle vient faire, se trouve notre figure du double triangle : elle est là comme une légende explicative de la scène ; mais je ne sais laquelle des deux, la légende ou la scène, explique pour nous l'autre : nous voyons que toutes deux font allusion au même principe de la reproduction.

On peut interpréter dans le même sens les figures d'un autre vase (fig. 225 du même article) (2) ; à côté de deux yeux qui, nous le verrons, dérivent de ceux du poulpe, ce sont deux feuilles de palmier. Recourons encore à Pline : il nous dit combien l'esprit des anciens avait été frappé par la différenciation des sexes chez le palmier : la sexualité existe chez tous les végétaux, dit-il, mais dans nul autre on ne la constate comme dans celui-là. Pouvons-nous croire que c'est par hasard que les Néolithiques l'ont choisi pour le dessiner sur cette série de vases qui parlent tous de la même idée ? Ici il n'y a pas de double triangle : mais il ne serait pas si bien à sa place à côté des végétaux.

Il n'est pas inutile de consigner une autre remarque. Les anciens attachaient de l'importance aux analogies

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XXXIV, p. 534.
(2) IBIDEM, p. 534.

accidentelles que présentent les formes des choses ; or, il y en a une, incontestable, entre les bras du poulpe et la ramure du cerf, et même, quoique plus vague, avec les feuilles de certains palmiers ; celle-ci devient tout à fait marquée sur des idoles en os, où certaines lignes, dérivées des bras du poulpe, présentent absolument l'aspect de palmes.

Dans ce même ordre d'idées il y a une analogie plus importante, et très frappante, entre la figure géométrique de notre double triangle sexuel et celle des représentations symboliques de la hache bipenne. On me demandera quel rapport il y a entre les deux idées? Je demanderai à mon tour si c'est pour elle-même que la hache bipenne a été honorée ? Ses titres, comme instrument de sacrifice, sont bien maigres. Ne serait-ce pas plutôt à cause de sa forme même, semblable à celle du double triangle sexuel? Elle serait alors le symbole du principe de la puissance reproductrice, ce qui cadre infiniment mieux avec ce que nous savons des idées et des cultes de l'époque. De plus, je ne vois pas de raison pour croire que ce signe soit né en Espagne, et n'ait pas été importé avec le triangle féminin et le poulpe : dès lors, il aurait existé dans l'Est méditerranéen et y aurait été également le symbole du principe conservateur de la vie ; cela admis, je me demande comment on pourrait ne pas l'identifier avec la hache bipenne.

Il nous faut revenir au poulpe. J'en ai décrit plus haut les représentations les plus parfaites que j'aie trouvées sur la céramique espagnole. Mais il y en a bien d'autres, où il serait, je crois, impossible de soupçonner une allusion au poulpe, si nous n'avions pas les précédentes pour servir de transition. Les uns sont des cercles entourant un point, et représentant les yeux, avec, de chaque côté, des paires de bras terminés par le chevron ; les paires de bras sont plus souvent au nombre réglementaire de quatre ; mais on en voit aussi trois, ou, d'autres fois,

beaucoup plus ; sur certains vases les yeux sont remplacés par des mamelons en relief, ce qui semble mieux marquer une tendance à l'anthropomorphisme. On ne peut pas s'empêcher de trouver à ces figures avec les séries de bras de chaque côté, une analogie d'ensemble avec les globes ailés égyptiens et avec les dieux ailés assyriens ; sur un vase même (fig. 224 de l'article cité) (1) ils flanquent un cercle unique, comme un globe, entouré de points ; mais au-dessus et en dessous, il y a des paires d'yeux qui nous ramènent au poulpe. Je ne crois pas que le hasard explique cette analogie dans les représentations de la divinité principale de divers peuples, et il y aurait lieu d'en rechercher la cause.

Sur nos vases espagnols, le plus souvent le poulpe figure deux fois. Fréquemment ses bras ont disparu, et il ne reste que deux yeux ; d'autres fois, à côté de ceux-ci il y a des séries de lignes courbes qui paraissent dérivées des bras ; d'autres en zigzag sont identiques au signe représentant l'eau chez les Égyptiens : des champs de points et de lignes verticales ont probablement aussi un sens. Sauf les deux premiers exemples décrits, qui sont peints en rouge, toutes ces figures sont gravées ; dans un cas après la cuisson, dans tous les autres, avant.

Après les vases, les os d'animaux peints ou gravés nous fournissent une série surprenante de dessins qui ont avec les précédents la relation la plus étroite. Ces os ont reçu des ornements peints, mais souvent les surfaces peintes ont été fortement corrodées, et le dessin se trouve gravé en creux. Le sujet reproduit est toujours le même : sa caractéristique est une paire d'yeux, cercles à point central, entourés de rayons. La forme de l'objet ne permettant pas le développement en largeur, c'est au-dessus et surtout au-dessous des yeux que sont placés les autres ornements qui sur les vases s'étalent sur tout le pourtour :

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XXXIV, p. 534.

ce sont surtout ces mêmes arcs de cercle rappelant les bras du poulpe, et s'alignant en nombre des deux côtés d'un axe vertical, comme des palmes : il y a des champs remplis de zigzags, des séries de lignes droites courtes et parallèles, des chevrons, des triangles ; le sujet le plus compliqué est celui du damier : les carrés ou losanges sont alternativement vides et pleins : le remplissage de ceux-ci est obtenu par des lignes croisées parallèles aux précédentes et formant comme un damier plus petit. On ne trouve pas ce dessin sur les vases liturgiques, mais les lignes croisées formant greneté, sont fréquentes sur divers objets, entre autres sur des récipients en albâtre ou en os. Ce dernier système d'ornementation est très phénicien ; les autres, notamment le damier, qui n'est plus une composition simple, offrent avec ceux des anciens vases chypriotes l'identité la plus complète.

J'ai dit plus haut que les dessins ont été peints et que souvent les parties peintes sont actuellement en creux : même lorsqu'il n'en est pas ainsi, la couleur ne se distingue plus : l'os a seulement un aspect un peu différent qui révèle les lignes du dessin, ou bien on y voit des stries, comme si on avait raclé plutôt que peint. Lorsque le dessin est en creux, on se demande si c'est par un effet de corrosion naturelle, d'altération de la peinture, ou le résultat voulu d'un procédé de gravure ; dans certains cas on incline vers cette dernière réponse. La même question se présente devant les œufs d'autruche peints ou gravés d'une nécropole carthaginoise voisine.

Sur les os non gravés, les lignes sont très fines et serrées ; le dessin est fort délicat, l'exécution très soignée.

Beaucoup de motifs représentés sont ceux du répertoire des vases gravés ; ce sont bien les mêmes idées, exprimées par le même peuple à la même époque : la plupart ne sont pas seulement des ornements : ils ont aussi un sens symbolique. La forme des os donne à l'ensemble l'effet des idoles chypriotes ; avec leurs deux yeux, ils évoquent

l'idée d'une figure humaine, comme les petites idoles en albâtre (fig. 259 de l'art. cité) (1), avec leurs seins en relief, et d'autres avec une sorte de tête et deux yeux. Parmi les os, une côte plate gravée, avec les deux yeux très caractéristiques, entourés de lignes ornementales, porte une série de rangées horizontales formées par des triangles ; une au-dessus, avec les sommets renversés ; sous les yeux, trois rangées, avec sommets en haut ; plus bas deux autres semblables, séparées des précédentes par une bande ou ceinture de losanges. Les triangles sont remplis de lignes croisées. L'intérêt de cette côte consiste en ce qu'elle se rattache, par son ensemble et surtout les deux yeux, aux os longs avec lesquels elle se trouvait, et par sa forme plate et les nombreux triangles, à une catégorie d'objets bien connus et qui jouent un rôle important dans le Néolithique de la Péninsule : je veux parler des plaques de schiste gravées. J'en ai retrouvé dans les sépultures d'Andalousie : quelques-unes n'ont que des trous de suspension ; d'autres portent en outre trois paires de lignes courbes (fig. 266 de l'art. cité) (2), réminiscences lointaines des bras du poulpe : d'autres sont couvertes de triangles identiques à ceux de la côte gravée. La plus belle collection de ces plaques provient des sépultures portugaises : les détails varient à l'infini ; voici les caractères les plus habituels : le tiers supérieur, outre un ou deux trous de suspension, porte au centre un espace triangulaire à sommet retourné, privé d'ornements : ces derniers se composent de bandes ornées, différemment disposées, et qu'il faut rapprocher des lignes courbes ci-dessus mentionnées ; elles ont donc une relation — on ne le croirait pas — avec les bras du poulpe. Le reste de la surface est couvert de dessins géométriques variés, parmi lesquels dominent les triangles remplis de lignes croisées, et des bandes ou

(1) Revue des Quest. scient., t. XXXIV, p. 539.
(2) Ibidem, p. 541.

ceintures de composition différente. Ces plaques sont rectangulaires ou plus larges à la base; il y en a d'autres en forme de crosse, ornées, et qui rentrent dans le même groupe ; je citerai aussi une corne avec des gravures de chevrons. Sur les plaques, les trous de suspension font fonction d'yeux : cela est moins clair quand l'œil est unique au milieu du front, comme chez les Cyclopes; mais on ne peut en douter en présence de quelques exemplaires hautement intéressants, dont l'anthropomorphisme a été signalé par M. Cartailhac : un épaulement dégage la tête ; le vide triangulaire du sommet s'allonge et devient une sorte de nez ; sous les deux yeux, trois ou quatre paires de lignes sont d'autant plus singulières qu'elles laissent entre elles un espace vide, précisément où devrait se trouver la bouche. Sur le corps de la plaque provenant de Idanha a Nova, les chevrons affectent une disposition qui fait allusion à des bras, à des jambes, à des pieds ; au musée de Madrid se trouve une plaque où les mains sont bien marquées : elles touchent un triangle à sommet retourné, tout au bas de l'objet. L'anthropomorphisme de ces figures est évident ; mais on voit bien qu'il est né de la juxtaposition d'éléments que nous connaissons comme indépendants, et dont l'agencement paraît avoir d'abord visé un effet décoratif.

C'est en France que nous trouvons le couronnement de la série, le dernier terme de cette singulière évolution : ici encore M. Cartailhac a été le premier à signaler la parenté entre les plaques gravées et les statues-menhirs : j'appelle surtout l'attention sur celle de St-Sernin, parce que, tout en se trouvant au sommet du groupe, sa tête nous ramène au point de départ : elle reproduit de façon frappante les traits élémentaires de notre poulpe ; deux yeux, le corps et quatre paires de bras rudimentaires. L'absence de bouche, signalée par M. Houssay, est bien, comme ce savant le dit, la preuve de l'origine de toutes

ces divinités, qui émerge au milieu du courant anthropomorphique.

Nous assistons ici à la formation d'un vaste panthéon : comme dans celui de l'antiquité classique, les dieux se transforment, s'unissent, se multiplient ; les hasards d'un dessin, des rapprochements fortuits leur donnent naissance : cela nous est raconté par ces os et ces pierres en un langage qui n'est pas plus banal que celui de la mythologie ancienne. Dans cette cohue de dieux, on retrouve cependant la persistance d'un culte primordial, celui du principe créateur, dont la figure symbolique, tirée du poulpe, subsiste au milieu de toutes les transformations.

A l'Est méditerranéen, si nous suivons MM. Perrot et Chipiez, la colonne est née de l'emploi des troncs d'arbre pour soutenir les toits de trop grande portée : la partie la plus large se plaçait en haut et la base plus étroite reposait sur un dé en pierre. La colonne lapidaire a conservé la gracilité et l'amincissement vers le bas ; parfois elle était faite de plus d'un tronçon, l'assemblement s'obtenant par tenon et mortaise. Pour cette colonne, MM. Perrot et Chipiez ont créé l'ordre mycénien.

L'architecture néolithique faisait également usage de colonnes en bois et en pierre ; j'ai retrouvé un des dés en pierre sur lesquelles reposaient les premières : il est de profil identique à ceux du palais de Tirynthe, et n'en diffère que par le creux pratiqué dans sa face supérieure pour mieux assujettir le poteau. Les colonnes de pierre sont infiniment plus grossières que celle de Mycènes; parfois elles sont à peine dégrossies, mais d'autres fois, ce sont de vrais fûts à section arrondie par un travail patient : dans un cas, deux fragments s'emboîtaient par un tenon et une mortaise rudimentaires. Dans plusieurs exemples, on peut observer d'une façon bien caractérisés l'amincissement vers le bas.

La colonne néolithique appartient donc à l'ordre mycénien.

Dans l'article de 1893, j'ai comparé les sépultures néo-

lithiques aux tombes à coupole de Mycènes : l'analogie est frappante ; depuis, plusieurs savants de la Péninsule ont renchéri sur le sujet, qui vient d'être traité de main de maître par Don Manuel Gomez Moreno, dans le BOLETIN DE LA REAL ACADEMIA DE LA HISTORIA, à propos de la récente découverte d'une superbe tombe à coupole dans les environs du célèbre dolmen d'Antequera.

La comparaison des deux systèmes architecturaux s'imposait. M. Gomez Moreno croit les coupoles plus anciennes que les dolmens. Je crois qu'en principe il a raison, et un des motifs qui me le font croire c'est que les plus anciennes maisons, souterraines ou superficielles, sont rondes comme les coupoles qui en sont les copies. Mais il y a un fait positif : les deux systèmes étaient contemporains à la fin de l'époque néolithique, à l'aurore de l'âge du bronze. De plus, il y a entre les deux systèmes une différence autrement grande que la forme et le plan, c'est le principe architectural de leur couverture : voûte dans les coupoles, dalles plates dans les dolmens. La voûte est par elle-même une construction savante qui n'a pu naître en un jour ; on pourrait se demander si, ne disposant pas de dalles assez larges, on n'a pas réduit la portée des chambres en posant sur les pieds-droits une première rangée de pierres en encorbellement, puis une autre et ainsi de suite ; ce serait une genèse contraire à celle proposée par M. Gomez, mais je ne crois pas non plus que les choses se soient passées ainsi. On est frappé, à la vue de la plupart de ces voûtes, du contraste entre la science architecturale que suppose le système, et l'inhabileté de l'exécution : presque toutes sont interrompues avant d'arriver à la clef, et on a bouché le trou par une grande dalle, de sorte que ce ne sont plus de véritables voûtes. Il semble que souvent on a préféré renoncer tout à fait au principe, à cause du manque d'ouvriers habiles, pour admettre celui des constructions mégalithiques. On peut même montrer que les constructeurs n'ont pas eux-mêmes

compris la théorie de la voûte, puisque souvent ils ont soutenu par une colonne la dalle faisant office de clef. On peut difficilement imaginer une association de deux éléments aussi bien faits pour s'exclure : la colonne et la voûte, même par encorbellement. C'est par cette faute technique qu'on distingue le copiste inconscient et maladroit du créateur intelligent. On croirait voir l'œuvre d'un enfant qui a puisé dans une boîte à jeu divers éléments et les a assemblés sans comprendre leur rôle ; l'enfant, c'est l'ouvrier turdétan néolithique ; la boîte, c'est l'architecture mycénienne.

L'emploi des crépis en plâtre et des peintures murales dans les maisons ou les tombes suggère des réflexions du même genre : on ne peut nier d'une façon absolue la possibilité d'une invention locale ; mais aucun archéologue ne s'attend à trouver un pareil raffinement dans ces grossières constructions : l'idée des stucs vient à l'architecte quand il a obtenu de beaux parements réguliers qui invitent à y produire des surfaces lisses, lesquelles appellent des décors ; de même pour la céramique : pour songer à orner et surtout à peindre des vases, il faut que le potier fournisse de belles superficies capables de recevoir et de faire valoir les peintures.

Pas plus que la colonne, les anciennes villes d'Hissarlik n'ont connu les crépis ni les peintures : c'est avec l'art mycénien qu'ils naissent ; c'est avec tous les autres vestiges d'art de l'Est méditerranéen qu'ils apparaissent en Espagne, et comme toujours, avec des caractères d'infériorité très marqués. Cette infériorité ne doit pas nous étonner : ces arts que nous appelons mycéniens pénétraient en Espagne par les Phéniciens ; ceux-ci, artistes médiocres eux-mêmes, venaient pour s'enrichir, non pour créer des écoles artistiques, et les indigènes n'ont à aucune époque montré des dispositions à devenir de bons élèves.

Coupoles, colonnes, crépis, peintures, etc., ne survivent

pas au Néolithique : ils disparaissent à l'âge du bronze avec les Phéniciens, pour ne reparaître qu'avec les Carthaginois et les Grecs.

Il est encore un détail à mentionner : très fréquemment j'ai retrouvé dans les maisons néolithiques des foyers ronds, marqués par une forte épaisseur de cendres, et limités par un bourrelet circulaire d'argile. C'est exactement la disposition du foyer découvert par Schliemann dans le mégaron du palais de Mycènes, moins les décors en couleurs. En Espagne je n'ai pas constaté ce système de foyers autre part que dans les demeures de l'époque néolithique ; c'est, à côté de tant d'autres, une analogie de plus.

Il nous reste à examiner une série de témoins plus directs encore, sinon plus probants, de la présence des Phéniciens. J'ai trouvé dans les sépultures de nombreux débris de vases en plâtre. Celui-ci, très fin et solide, était obtenu par la calcination du gypse cristallisé très pur qu'on trouve abondamment en petits filons ; on en ramasse de nombreux fragments crus dans les décombres des maisons, d'autres à moitié cuits; les plus fréquents sont des restes de crépissages appliqués sur les murs et sur les boisages. L'emploi du plâtre dans la confection des vases est fort extraordinaire ; on s'en servait aussi pour boucher le fond de pots troués ; il y a encore des vases en terre cuite ordinaire, munis d'un col en plâtre, appliqué après la cuisson, et dont l'adhérence devait être extrêmement défectueuse : ces cols conservent des traces de couleur rouge. Parmi les vases entiers il y en a qui sont ornés de lignes gravées et de peintures rouges et bleu-verdâtre. L'exemplaire le plus complet a la forme d'un œuf d'autruche de petite dimension, dont le bout serait largement ouvert : il est décoré d'une série de lignes gravées verticales, comme des méridiens arrêtés par deux cercles polaires : les côtes ainsi marquées sont alternativement

vides et remplies de lignes croisées. L'ensemble reproduit le système de décoration des œufs d'autruche qui abondent dans les nécropoles puniques, et sur lesquels on revoit les lignes croisées. De cette ressemblance, j'avais déduit que dès le Néolithique existait le commerce des œufs d'autruche peints ou gravés, spécialité des Phéniciens : c'était surtout en Afrique qu'ils allaient les chercher pour les répandre sur les côtes de la Méditerranée. Or, voilà que parmi les milliers de petites rondelles percées servant de grains de collier, je constate qu'un grand nombre sont faites de coquilles d'œufs d'autruche, ce qui vient transformer mon hypothèse en certitude.

Dans les mêmes sépultures et maisons, je recueille des objets en ivoire, souvent travaillés et ornés avec soin ; quelques-uns sont d'usage indéterminé : de grandes plaques ornées de gravures, paraissant destinées à être attachées sur les vêtements : une d'elles est couverte d'un greneté uniforme. Il y a aussi des peignes ; le plus intéressant est reproduit par la figure 233 de l'article d'octobre 1893 (1) : il est fait de deux pièces assemblées très adroitement par tenon et mortaise. Cet ivoire provenait d'Afrique sinon d'Asie, et il est à présumer qu'il était introduit en Espagne sous forme d'objets ouvrés.

Parmi les objets se rapportant à la toilette, nous trouvons encore de petits récipients en albâtre et en os, d'une forme particulière, propre à contenir des parfums ; des pastilles et des enduits de cinabre indiquent le même genre de goût pour les cosmétiques et les fards : les enduits et croûtes peuvent être le résidu de cosmétiques, que l'on avait l'habitude de colorer avec le cinabre.

Enfin je ferai mention de quelques très rares grains de collier minuscules, de terre légèrement émaillée, de couleur gris foncé peu attrayante.

Je crois qu'il serait difficile de trouver une série d'ar-

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XXXIV, p. 537.

ticles d'importation caractérisant mieux que ceux-là la spécialité du commerce phénicien. Il serait superflu de citer les témoignages, nombreux et clairs, des auteurs anciens; rappelons que les fouilles des nécropoles puniques le confirment : celle de Villaricos, par exemple, a produit en quantité des œufs d'autruche peints ou gravés ; on y trouve des peignes en ivoire, plus richement représentés dans les nécropoles de l'Andalousie occidentale, où ils sont couverts de gravures remarquables, de caractère oriental très marqué ; les ungüentaria en albâtre abondent dans ces sépultures, comme les perles en verre.

Si le commerce de ces produits a été de mémoire d'homme, la spécialité, le monopole des Phéniciens, je ne vois pas qu'on puisse chercher à expliquer leur présence dans les tombes et les maisons néolithiques du Sud de l'Espagne, autrement que par l'existence de ce commerce phénicien, du moment que d'autres considérations nous ont prévenu qu'il est contemporain de la dernière phase du Néolithique. Ajoutons qu'aucun pays n'a été travaillé par les Phéniciens comme le Sud de l'Espagne.

Il est extrêmement probable, pour ne pas dire sûr, que la plupart de ces produits ont été fabriqués par les Phéniciens chez eux ou en Espagne. J'ai la même impression pour les os peints et gravés : presque tous ceux que je possède, une trentaine, se trouvaient réunis dans les décombres d'une maison brûlée, comme formant un lot de marchand.

D'après cela, nous serions devant des produits qui sont les plus anciens qu'on puisse attribuer à l'industrie et à l'art phéniciens. On est habitué à voir l'histoire de ce peuple éclairée surtout par la lumière venant des colonies qui l'ont enrichi. Mais il ne faut pas perdre de vue que les objets trouvés en Espagne, même s'ils sont de fabrique phénicienne, sont des produits médiocres : ce sont de ceux qu'on réserve pour les peuples arriérés, ou pour les colonies : de la pacotille d'exportation. C'est bien cela, non

de l'étain, ni des poignards incrustés d'or et d'argent, ni des vases ou des bijoux précieux richement travaillés que nous devons nous attendre à trouver aux mains des indigènes comme prix de la matière que les commerçants leur achetaient, de l'argent surtout, dont ils exportaient des quantités énormes pour fabriquer et vendre dans les centres civilisés, et non ramener en Espagne, ces vases et ces bijoux de prix que l'antiquité a chantés et que leurs voisins se disputaient.

L'Espagne neuve et ignorante, Tarshis la riche en argent, exploitée par le camelot, la ruse et les armes des Phéniciens ; ses dépouilles enrichissant Sidon et Mycènes, voilà le tableau de la fin du Néolithique, tracé par les fouilles.

Pour achever de faire ressortir le caractère oriental des objets et des industries que nous venons d'étudier, il est encore une donnée de première importance, sans laquelle le tableau serait incomplet : c'est le contraste que présentent avec eux les produits occidentaux. Ce contraste, nous le verrons surtout en étudiant l'âge suivant, celui du bronze, dont le caractère dominant est la disparition complète de toute influence orientale, et qui nous fournit un point de comparaison de grande valeur. Mais sans sortir du Néolithique, et comme on devait s'y attendre, nous trouvons des éléments qui appartiennent en propre à l'Occident, et qui, eux aussi, servent à mieux marquer la coexistence de deux courants très différents.

Parmi eux sont les substances suivantes : ambre, lignite, callaïs ; les deux premières surtout nous reportent aux pays de leurs gisements classiques : les rivages de la Baltique et les contrées entourant la mer du Nord ; on les rencontre dans les sépultures néolithiques, sous forme de grains de collier, à côté des grains en coquille d'œufs d'autruche. Leur caractère exotique est confirmé par ce fait qu'on ne les trouve plus à l'âge du bronze, où,

pour les milliers de grains récoltés, étaient exclusivement utilisés les produits indigènes ; elles reparaissent dans les nécropoles des Visigoths.

Il existait aussi un art particulier à l'Occident, et qui peut soutenir la comparaison avec celui des Phéniciens, sinon avec celui des Mycéniens : c'est l'art céramique avec sa décoration si spéciale. A travers les siècles qui ont suivi la pierre polie et jusque dans notre ère, le centre et l'Ouest de l'Europe ont montré une constante prédilection pour la poterie à surface noire lissée, contrastant avec le goût des couleurs vives dans le bassin oriental de la Méditerranée. Ses formes aussi sont spéciales ; elles restent simples, n'ont ni la complication ni l'élégance des produits de Grèce et d'Asie mineure. Enfin leur décoration est d'un principe totalement différent : c'est le procédé primitif de l'incision, sans emploi de couleurs.

Dans les tombes néolithiques d'Espagne on trouve côte à côte des vases ornés de peintures ou gravures de style oriental, et d'autres de l'art occidental le mieux caractérisé. Ces derniers appartiennent au groupe qui est surtout connu par les poteries en forme de calice ou de tulipe, répandues dans l'Occident de l'Europe, et souvent accompagnées d'ambre, de lignite ou de callaïs : c'est, en effet, cette forme qui paraît la plus typique du groupe, et qui couvre l'ère la plus étendue ; mais à côté de cela il y en a plusieurs autres. Les vases en tulipe ont le fond bombé avec, au centre, une partie aplatie ou un petit creux circulaire correspondant à une saillie à l'intérieur ; la panse est arrondie ou carénée, le bord évasé ; ils sont à peu près aussi larges que hauts ; dans la Péninsule, une classe qui paraît dérivée de la précédente est sensiblement plus aplatie ; il y a aussi des bols ou calottes sphériques ; en Andalousie M. Bonsor a trouvé des coupes à pied qui se rapprochent du groupe par leur ornementation, mais je les crois un peu plus récentes.

Généralement, la pâte est fine, l'exécution bonne, la surface soigneusement lissée ; la couleur est parfois rouge, souvent gris brun, mais on paraît avoir cherché à obtenir plutôt le noir. Leur valeur vient surtout de la décoration de la surface, qui est très spéciale ; le procédé d'abord : toutes les lignes sont en creux, et souvent remplies de matière blanche ; le creux s'obtenait dans la pâte molle, ou par incision, ou par estampage au moyen d'une sorte de peigne qui imprimait une série de petits éléments linéaires à la suite l'un de l'autre ; les dessins les plus caractéristiques sont ceux formés par les combinaisons de petites lignes courtes parallèles, très rapprochées les unes des autres et différemment agencées. Cela donne des surfaces qui rappellent des ouvrages de vannerie, des tissus, des dentelles, et l'effet est très heureux. Mais si ce que j'appellerais la trame de ces tissus est très variable, ce qui est une loi générale, c'est leur disposition en bandes horizontales étagées faisant le tour complet du vase, et laissant le plus souvent entre elles des zones sans ornements ; sur les fonds bombés, ces bandes concentriques, avec une étoile au centre, sont souvent remplacées par d'autres radiales. Il y a d'ailleurs une grande variété de détails individuels ; certaines bandes sont limitées par des lignes droites ; d'autres par des becs ; au bord même de certains vases il y a comme des franges interrompues, ou bien l'ornementation empiète un peu sur l'intérieur.

Cet art, malgré l'aspect de richesse de certains de ses produits, reste sévère : par son incrustation dans la pâte, le décor fait partie intégrante de l'objet, et sa disposition par bandes circulaires en épouse bien la forme. Ces qualités, les vases peints mycéniens ne les possèdent pas : le potier a pris leur surface comme il en aurait pris une autre quelconque pour y appliquer des ornements, en se préoccupant peu de la ligne du vase : celui-ci est une chose et le sujet qui le décore en est une autre. Cela même a

permis au pinceau de courir plus librement et d'obtenir des effets plus variés et plus brillants.

Des deux écoles on ne peut dire l'une supérieure à l'autre ; c'est une question de goût, non de mérite artistique. Mais ce qui nous intéresse ici, c'est de constater que l'Occident avait son art céramique propre, très personnel, et spécial à l'époque néolithique ; art qui tient une place très honorable à côté de celui des Mycéniens et des Phéniciens et qui en est aussi différent que possible. Ce n'est donc pas seulement par la ressemblance des procédés ou des sujets que nos vases à poulpes et autres objets peints proclament leur origine orientale ; c'est tout autant par le contraste le plus absolu qu'ils offrent avec les produits occidentaux contemporains.

La céramique que nous venons d'étudier est propre à la moitié occidentale de l'Europe. Elle est très abondante dans la Péninsule ibérique, où les formes semblent plus variées : on l'a trouvée tout au centre, à Ciempozuelos, près de Madrid. J'ai constaté ce système d'ornementation sur un vase en forme de cruche, de la plus ancienne phase du Néolithique. Si on en a fabriqué partout, la Péninsule a été en tout cas un centre très ancien et très important de production, sinon d'exportation. Jusqu'à présent c'est seulement dans le Sud, c'est-à-dire dans la province que les Phéniciens ont habitée, que ce genre de céramique est associé à des poteries de caractère oriental.

La partie phénicienne de l'Espagne est l'Andalousie moderne, la Bétique romaine, la Turdétanie, Tartesside ou Tarshis préhistorique. Son axe est le bassin du Guadalquivir, limité au Sud par la chaîne bétique qui court parallèlement à la côte ; le point culminant de ces montagnes atteint l'altitude de 3000 mètres dans la Sierra Nevada, où la neige ne disparaît jamais complètement. Les navigateurs venant de l'Est pouvaient pénétrer en Andalousie par les parties basses de l'Ouest, par la région où

débouche le Guadalquivir : mais il fallait pour cela franchir les colonnes d'Hercule, ce qui allongeait la navigation. Si même ils avaient réussi à pénétrer par là assez avant dans l'intérieur, cela n'enlevait pas la valeur d'une route plus directe par le Sud-Est. Ici se présentait un autre obstacle : la chaîne bétique à traverser. Pour cela, les seuls chemins praticables, et d'ailleurs excellents, sont les lits des cours d'eau, généralement à sec et formés de graviers. La plupart descendent de la montagne et n'ont aucune utilité : mais quelques-uns des principaux conduisent à des cols et permettent d'arriver au versant intérieur : ce sont ceux que suivent aujourd'hui les chemins de fer qui mettent l'intérieur en communication avec la mer, et aboutissent aux ports de Malaga et d'Almérie ; c'étaient également ceux que les anciens ont pu suivre. Plus à l'Est encore, et aux limites de l'Andalousie, de la contrée riche en argent, se trouve le Rio Almanzora : c'est près de son embouchure, à l'endroit appelé Almizaraque, près de la plage de Villaricos, que j'ai trouvé la galène et le plomb néolithiques, et les idoles en os peintes : les Phéniciens y ont donc abordé ; les Carthaginois fondèrent à Villaricos la colonie de Baria pour exploiter les mines d'argent ; les Romains leur succédèrent, et il y a soixante ans on a repris l'exploitation et l'exportation. Mais le point de débarquement est mauvais, et on ne peut pas supposer que des conquérants y soient venus avec des flottes ; d'ailleurs, en remontant la vallée, j'ai trouvé plusieurs bourgades néolithiques sans importance stratégique.

Le véritable chemin indiqué pour des envahisseurs arrivant de l'Est, est le Rio Andarax ou d'Almeria, qui aboutit à un bon port, recherché par les anciens et encore actuellement : il relie la mer à la partie Est de l'Andalousie, et réduit à son minimum le trajet à faire par mer. De plus, il conduit directement aux riches mines de cuivre argentifère de l'Ouest de Sierra Nevada. Sur les quinze premiers kilomètres depuis la mer, il parcourt une vallée

fertile assez large, puis il traverse un véritable défilé, où la construction du chemin de fer a été excessivement coûteuse, sans réussir à éviter des courbes et des pentes parfois excessives. C'est précisément à l'entrée de ce défilé, à l'endroit appelé Los Millares, que se trouve la ville néolithique la plus importante que je connaisse. Je l'ai décrite dans l'article publié dans cette REVUE en Octobre 1893 (1), avec sa nécropole qui m'a fourni tant de restes précieux de traces d'influence orientale. La ville occupe un espace de cinq hectares, défendu du côté de la rivière par un escarpement de 70 mètres de hauteur, et de l'autre par des levées de terre, tranchées, bastions, etc. Une source actuellement tarie avait été captée et menée dans la ville par une conduite de plus d'un kilomètre de longueur. Sur les collines environnantes qui dominent les environs, des forts ont été construits, qui pouvaient abriter de fortes garnisons. Je n'ai pas vu en Préhistorique d'autre exemple d'un appareil défensif si considérable : à l'âge du bronze même, époque par excellence des villes fortifiées, ce ne sont que des rochers isolés avec leur acropole. Mais ici tous les caractères se réunissent pour montrer que la place avait une importance stratégique régionale. Tout le pays contribuait à la défendre, et avait intérêt à la garder. Nous savons que par sa situation, c'était la porte orientale de la Tartesside, et nous voyons qu'elle était destinée à en protéger l'entrée contre des envahisseurs venant de la mer. Seules d'ailleurs, des armées organisées devaient passer par là : elles avaient besoin et du port abrité qu'offre Almérie, et du chemin commode qu'est le lit du cours d'eau ; des bandes de pillards auraient passé d'un autre côté. Notons aussi que la distance de 15 kilomètres jusqu'à la mer, forçait les envahisseurs à s'éloigner de leurs navires, ce qui était une cause d'infériorité pour l'attaque.

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XXXIV, pp. 517 et suiv.

Voilà donc que nous arrivons à prouver la réalité d'expéditions venues de la Méditerranée par le simple examen des ruines d'une ville construite pour s'opposer à ces invasions. Et dans cette ville, à côté de produits qui existent dans tous les milieux néolithiques de l'Occident, nous en trouvons d'autres, spéciaux au sud de la Péninsule : des coquilles d'œufs d'autruche qui n'ont pu venir que par mer, comme les envahisseurs ; de l'ivoire, des parfums, des poulpes mycéniens, des colonnes d'ordre mycénien, des voûtes encorbellées, etc., etc.

Si ce ne sont pas les Phéniciens qui apportaient toutes ces choses par la mer, qui est-ce ? Et alors où sont, et que sont celles que les Phéniciens ont apportées ?

J'ai pu me demander, au début de ces recherches, s'il ne fallait pas croire à la présence d'un peuple conquérant à la remorque duquel les Phéniciens se seraient insinués dans le pays, profitant des conquêtes et des ruines : mais j'ai dû bien vite abandonner cette idée en constatant le sceau phénicien même sur les objets qu'on peut attribuer à l'art mycénien ; ensuite, après avoir trouvé les preuves matérielles du commerce de l'argent, but de ces expéditions, il devenait évident que les Phéniciens étaient seuls, sinon ils n'auraient pas eu le monopole du trafic.

En somme, c'est contre les Phéniciens que se levaient les remparts de Millares, c'est pour les empêcher d'envahir la Turdétanie par l'Est.

Les Phéniciens n'étaient donc pas seulement de paisibles marchands, mais aussi d'audacieux conquérants. Et en effet, l'histoire nous dit qu'une grande partie de l'Ibérie leur était soumise, qu'ils étaient maîtres de la Turdétanie. Cependant Millares paraît leur avoir résisté et de tout cela il faudrait déduire que les Phéniciens avaient réellement réussi à conquérir certaines régions, peut-être une partie du versant maritime de la chaîne bétique, et l'Ouest de l'Andalousie, et qu'ils cherchaient à couronner leur conquête et à en améliorer les conditions

d'exploitation, par la possession de la porte orientale, qui se trouvait sur le trajet le plus court pour le transport des marchandises.

D'ailleurs, si les Turdétans ont construit des sépultures à coupoles, employé des colonnes, des crépis, des peintures murales, s'ils ont adopté les idées et les symboles religieux de l'Est, le poulpe, le triangle, si en un mot ils ont si intensément subi l'influence des Phéniciens, n'en faut-il pas déduire que ceux-ci ont vécu près d'eux, avec eux, construisant des voûtes par encorbellement, pratiquant leur culte, etc.? De simples échanges commerciaux effectués sur la plage n'auraient pas amené ce résultat, et l'histoire est là qui, encore une fois, est d'accord avec nos suppositions.

Mais si des colons phéniciens ont habité l'Espagne à l'époque néolithique, que doivent être les vestiges qu'ils y ont laissés ? Leurs établissements n'ayant qu'un but purement commercial, on peut croire que la population qui les occupait ne jouissait pas des privilèges de la métropole, et se pliait aux usages du pays, comme cela se fait dans toutes les colonies. Peut-être donc serait-il difficile de distinguer les traces d'établissements phéniciens de ceux des indigènes, surtout si les races étaient plus ou moins mélangées. Peut-être certaines des coupoles que nous attribuons aux indigènes, sont-elles plutôt phéniciennes. Peut-être en est-il de même du village d'Almizaraque, où j'ai trouvé la statuette du type des îles, avec son grand triangle, de nombreux os peints, de la galène et du plomb.

J'ai dit que Millares paraît avoir résisté aux Phéniciens. Mais devant la difficulté de distinguer une ville indigène d'une ville contemporaine au pouvoir des Phéniciens, on ne peut pas après tout affirmer que ceux-ci ne s'en sont pas rendus maîtres. Cette hypothèse s'accorde mieux que l'autre avec les faits dont je vais rendre compte, et qui me paraissent devoir peser beaucoup dans la balance.

Millares est sur la rive droite du Rio Andarax. Sur la même rive, à 3 kilomètres plus bas, est bâtie la ville de Gádor ; le grand massif montagneux situé à l'Ouest, célèbre par ses mines de plomb (non argentifère), s'appelle Sierra de Gádor.

Il n'est pas possible de lire ce nom sans être frappé de sa ressemblance avec celui de Gadir (ou Agadir), la plus ancienne colonie phénicienne connue. Ayant demandé à Don Fr. de Valladar, éminent archéologue de Grenade, son opinion sur l'étymologie de Gádor, il eut l'obligeance de m'en indiquer plusieurs ; il les rejette comme fantaisistes, et conclut en croyant qu'elle est la même que celle de Gadir ou Gadur. Je me suis aussi demandé si le nom de la montagne et de la ville moderne n'avait pas été porté d'abord par la ville préhistorique ; après l'abandon de celle-ci, il aurait voyagé. Le pays fournit divers exemples de villes modernes et de ruines situées à quelque distance, portant le même nom avec le qualificatif « la vieille ».

Mais en recherchant un sens au nom de Los Millares (singulier : Millar), je trouvai qu'en espagnol moderne, outre celui de millier, il en a deux autres, peu usités ; l'un d'eux est : endroit où on peut élever deux troupeaux, soit mille brebis. Or, Gadir en phénicien veut dire : abri pour troupeaux de brebis. Ainsi donc, Millares est la traduction, en espagnol, du nom phénicien de Cadix ! Et ce nom phénicien lui-même, à peine altéré, se retrouve dans la ville qui s'est substituée à Millares, et dans la montagne qui la domine.

J'ai traduit Gadir par : abri pour troupeaux de brebis ; c'est la traduction adoptée par Delgado dans son remarquable ouvrage sur les monnaies autonomes d'Espagne. Les anciens ont beaucoup discuté sur ce nom : généralement on lui donne le sens d'enclos, endroit entouré d'une défense ; on a même supposé que la défense à laquelle il fait allusion, était la mer ; d'autres donnent à Cadix ou à

son île des noms tout différents. Ceci provient de ce que chaque peuple traduisait le nom primitif en sa langue ; il en est résulté bien des confusions. Delgado fait à ce sujet une étude très remarquable et qui mérite d'être reprise. Il fait observer que beaucoup de noms de lieux et de personnages mythiques de cette partie de l'Espagne font allusion à l'industrie pastorale. Un des rois de l'Atlantide, fils de Neptune et de Méduse, porte indistinctement trois noms : Gadiro, phénicien que nous pouvons traduire par propriétaire de troupeaux de brebis ; Eumélos, qui en grec signifie riche en belles brebis ; et Chrysaor, l'homme à l'épée ou à la ceinture d'or. Ses fils s'appelaient Géryon, propriétaire de troupeaux de ruminants. Les pommes d'or des Hespérides seraient des brebis, puisque μηλα veut dire pommes ou brebis, et que les frères Hespérus et Atlas avaient des brebis renommées pour leur toison blonde et dorée. L'île gaditane se nommait aussi Erythea, que Delgado rapporte à Asti-Herites (troupeaux de brebis).

Il se dégage de là des conclusions intéressantes.

L'industrie pastorale était très en honneur dans le pays visité par les Phéniciens ; les étrangers, par les comparaisons qu'ils peuvent faire, remarquent aussitôt les traits les plus saillants des peuples qu'ils fréquentent, et choisissent les mots les plus caractéristiques pour désigner les lieux et les personnages. Nous pouvons donc admettre que les Phéniciens ont baptisé Millares, dont le nom propre, Gadir ou Gador, est resté à la montagne et a voyagé avec la ville, tandis que le nom commun est resté aux ruines, devenues lieu dit, et s'est traduit de langue en langue jusqu'à nos jours.

On attribue à l'an 1100 environ, la fondation de Gadir, ou au moins le moment où les Phéniciens en firent un centre important. Or, nous verrons dans la suite que c'est vers cette époque que se place l'abandon de Millares : une puissante invasion chassa les Phéniciens, produisant une

révolution complète dans leur commerce qui se reporta vers l'Ouest. Nous verrons pourquoi ; en attendant, retenons ce qui suit.

Avant la Gadir qui vit encore, il y en avait une autre, morte depuis 3000 ans. Elle était la porte orientale de la Turdétanie, son point le plus rapproché de la métropole des Phéniciens. Ceux-ci jouèrent dans son histoire un rôle prépondérant ; et elle à son tour avait pour eux une importance considérable. Bâtie à une certaine distance de la mer, au point choisi par les indigènes (nous devons le croire dans l'état actuel de nos connaissances), elle paraît au premier abord moins avantageusement placée pour les Phéniciens. Cependant, aux mains de ceux-ci, elle protégeait très efficacement la rade de débarquement d'Almérie, malgré son éloignement, et elle rendait ses possesseurs maîtres d'une campagne fertile ; de plus, le point essentiel était de l'enlever aux indigènes. Après leur expulsion, les Phéniciens ont dû choisir une nouvelle Gadir; ils s'arrêtèrent à Cadix : leur choix ayant dû se baser sur des principes rationnels, il faut conclure que c'était le point le plus rapproché de Phénicie : cela nous annonce que l'objectif principal de leur commerce se trouvait au delà ; que ce n'était plus ou du moins plus aussi spécialement la Turdétanie, dont en effet ils étaient chassés : c'est encore pour cette dernière raison sans doute qu'au lieu de s'établir dans la Péninsule, comme l'était Millares, ils sont restés dans la mer, autant dire chez eux. A la nouvelle colonie, les Phéniciens donnèrent le nom de l'ancienne, en souvenir d'elle ou simplement par l'habitude acquise, le nom ayant pris le sens de colonie ou échelle de l'extrême Occident. Le voyage de ce nom d'une extrémité de la Turdétanie à l'autre, serait un cas comme celui de tant d'autres noms que nous ne parvenons pas à fixer. D'après cela, la période de prospérité de Millares, la dernière étape du Néolithique en Espagne, est contemporaine de la première phase du commerce phénicien, caractérisée surtout par l'exportation de l'argent.

LES PHÉNICIENS

J'ai plus d'une fois hésité à employer le nom des Phéniciens sans formuler une réserve. Je dois donner la raison qui a triomphé de mon hésitation.

Que les influences constatées à la fin du Néolithique proviennent du bassin oriental de la Méditerranée, cela est hors de discussion. Qu'elles datent de la deuxième moitié du deuxième millénaire, cela me paraît également certain. Reste à justifier leur attribution aux Phéniciens.

L'argument principal est l'existence du commerce de l'argent.

Il n'y a peut-être pas, relativement à ces époques, de fait sur lequel l'histoire soit aussi explicite, aussi affirmative, et nous avons vu que les termes qu'elle emploie, loin d'être exagérés ou inexacts, sont absolument conformes aux habitudes commerciales et industrielles.

Les Phéniciens ont les premiers fait le commerce de l'argent d'Espagne, sur une grande échelle, et ils ont, d'une façon ou de l'autre, tenu le pays sous leur dépendance.

A la fin du Néolithique nous trouvons tout à la fois la preuve du travail du plomb argentifère, et l'absence de toute utilisation du plomb ou de l'argent : nous en avons conclu que le plomb était exporté pour être affiné dans les usines des acheteurs, comme cela se fait encore aujourd'hui.

Il est naturel de conclure que les exportateurs étaient les Phéniciens, désignés par l'histoire. Pour rendre la démonstration complète, il faut montrer que le commerce phénicien ne peut pas se placer à une époque plus récente ; pour cela il faut étudier celle qui suit immédiatement le Néolithique : l'âge du bronze. Ces deux périodes montrent entre elles le contraste le plus complet ; on peut le résumer en peu de mots : la fin du Néolithique

est imprégnée d'influences venant de l'Est ; les produits importés de même origine sont très abondants ; elle emploie largement le cuivre, le plus commun des métaux ; elle est privée des métaux précieux : étain, argent et même or. L'âge du bronze, au contraire, est de caractère tout à fait européen, sans trace d'influence orientale ; il utilise à peu près exclusivement les produits locaux ; il est surtout riche en argent, possède de l'étain et de l'or. Ces quelques lignes suffisent pour montrer que le commerce de l'argent et la puissance phénicienne ne peuvent pas se placer à l'âge du bronze. Ce que nous savons de l'âge du fer nous montre également des civilisations venues de l'Europe centrale, sans trace d'orientalisme. Il faut descendre jusqu'à l'expansion coloniale de Carthage pour assister au retour de l'Orient.

Il n'y a donc pas place, après le Néolithique, pour un des plus grands événements dont l'histoire du bassin méditerranéen nous ait conservé le souvenir, et le Néolithique réunit toutes les circonstances qui s'adaptent aux conditions marquées par l'histoire pour cet événement.

Nous devons donc placer avant la fondation de Cadix toute une grande et brillante étape de l'activité commerciale des Phéniciens, celle de l'exportation de l'argent d'Espagne

Reste à voir si cette conclusion s'accorde avec ce que nous savons des Phéniciens de Phénicie avant 1100.

Malheureusement cela se réduit à peu de chose, car tous les renseignements se rapportent aux époques suivantes, et, en général, même notablement postérieures ; on s'expose à de grossières erreurs si on veut juger les Phéniciens d'avant 1100 par les monuments qui sont beaucoup plus récents. J'ai bien peu d'autorité pour traiter des questions relatives à l'histoire de ce peuple. Je voudrais cependant proposer sa division en trois périodes, afin d'éviter des confusions :

La première, que j'appellerais préhistorique, descendrait jusque vers le XIIe siècle.

La seconde, historique, jusque vers le VIIIe.

La dernière, qui mériterait le nom de carthaginoise, jusqu'au IIe.

C'est ici la première qui nous intéresse : elle finit plus ou moins vers l'époque du siège de Troie, de la décadence de Mycènes, de l'invasion dorienne.

Autrefois on admettait que la civilisation primitive de Chypre était l'œuvre des Phéniciens, et c'est là qu'on voulait trouver les données pour reconstituer leur histoire. Aujourd'hui on tend à réduire à peu de chose leur rôle dans cette île. C'est là cependant que nous trouvons des séries d'objets qui ont avec ceux d'Espagne de remarquables rapports.

M. Pottier, dans son *Catalogue des vases antiques du Louvre*, divise l'histoire céramique de Chypre en plusieurs périodes. La première va de 2000 ou au delà, jusqu'au XIIe siècle ; il y distingue deux phases : la seconde serait le perfectionnement de la première. Il me semble voir dans cette phase quelque chose de plus qu'un perfectionnement, et j'y suis amené par la comparaison des peintures céramiques chypriotes avec les peintures des idoles turdétanes : ces dernières n'ont aucun lien de parenté avec le groupe ancien de Chypre, tandis qu'elles sont absolument identiques à celles du groupe récent (salle A, vases 40-68). Ce sont les mêmes dents de loup, quadrillés, losanges, damiers et un motif analogue à la tresse ; l'agencement des éléments est le même ; c'est la même absence de spirales, d'enroulements, de cercles ; tandis que ceux-ci abondent dans le groupe ancien de Chypre. Il faut naturellement faire abstraction des cercles représentant les yeux et des courbes rappelant les bras : ce sont des attributs d'idoles qu'on trouve en Espagne et à Chypre.

A côté de cette étonnante ressemblance de système

décoratif, il faut en signaler deux autres non moins spéciales.

M. Pottier attribue à cette même phase récente le développement de la céramique en forme d'animaux. Or, le Portugal a fourni un vase en forme d'animal, dont la présence, dans un milieu néolithique, étonnait fort M. Cartailhac ; dans une sépulture néolithique d'Andalousie, j'en ai trouvé un autre en forme de vache. Ce sont donc des produits spéciaux à l'époque.

Les Chypriotes ont eu à cette période une prédilection marquée pour les vases conjugués et à plusieurs goulots sur une panse ; c'est également à la fin du Néolithique que je trouve en Espagne nombre de vases conjugués, doubles ou triples, ou avec quatre goulots sur une même panse.

De cet examen résultent trois choses.

1. Le groupe récent de Chypre se sépare assez de l'ancien pour qu'on se demande s'il n'est pas la conséquence d'un fait nouveau, d'un apport quelconque de l'extérieur.

2. Il existe un lien très étroit entre les produits chypriotes du groupe récent et ceux à influence phénicienne d'Espagne. Ce lien implique une communauté d'origine.

3. Il implique aussi la contemporanéité. Or des considérations d'un autre ordre m'ont amené à placer la dernière phase néolithique dans la seconde moitié du deuxième millénaire, et c'est aussi la date attribuée aux vases chypriotes les plus récents de la première période.

On voit qu'au point de vue chronologique, l'accord règne parfait entre toutes les sources que nous consultons.

Chypre fournit un autre élément de comparaison : les idoles primitives. Il y en a surtout de deux sortes : les colonnes et les plaques. Dans la Péninsule ibérique, c'est la même chose. Les colonnes-idoles de Chypre sont en terre cuite, grossières, avec empattement à la base ; au sommet sont modelés des bras, des seins, une tête. Les

colonnes-idoles d'Espagne sont en os longs d'animaux ; avec leur élargissement naturel à la base, leur forme et leur dimension, elles reproduisent exactement l'aspect de celles de Chypre : naturellement ils ne sont pas modelés ; au lieu de cela ils sont peints. La différence entre les deux séries vient surtout de la nature de la substance employée, et c'est peut-être pour cela que l'anthropomorphisme, à peine pressenti sur l'os, est si accusé sur les statuettes d'argile. A ce propos, on peut en Espagne même comparer de petites colonnes coniques en albâtre, coiffées d'un chapeau ou chapiteau, ornées de seins en relief à d'autres idoles du même groupe et qui sont, comme celles décrites ci-dessus, en os d'animaux : mais ce sont des phalanges courtes ; comme les os longs, au lieu d'être modelées ou sculptées, elles sont parfois peintes.

Les idoles plates de Chypre sont encore en terre cuite ; celles de la Péninsule en schiste ; les unes et les autres, couvertes de gravures. Je signalerai comme tout à fait extraordinaire la ressemblance d'une plaque chypriote du Louvre avec celle de Idanha a Nova (Portugal). Elles sont rectangulaires, mais un très fort épaulement en détache une partie plus étroite qui forme tête, ornée d'yeux, de nez, sans bouche, avec des lignes horizontales à sens mystérieux que je crois dérivées des bras du poulpe. Sur le buste, trois colliers ; de côté, des lignes servant de bras, et d'autres qu'on ne comprend pas. Sur la partie inférieure de la plaque portugaise il y a des jambes et des pieds : sur la chypriote rien qu'une ceinture de losanges ; mais une autre idole portugaise (d'Alcobaça), au lieu de jambes a une rangée de triangles, et la ceinture de losanges se retrouve sur la côte gravée d'Almizaraque (Espagne). De même les deux rangées de triangles qui ornent le cou de la terre cuite de Chypre, rentrent dans la catégorie des triangles habituels des plaques turdétanes.

Puisque nous en sommes aux analogies entre Chypre et le Sud de l'Espagne, je ne passerai pas sans signaler

celle qui résulte de l'emploi si général du cuivre pur : quelle que soit la cause de ce fait, il constitue un rapprochement réel.

Puisque la Phénicie reste muette sur la civilisation des Phéniciens préhistoriques, tâchons de reconstituer quelques-uns de ses traits par l'étude comparée de la Turdétanie et de Chypre.

Si réellement cette île n'a pas été sous la dépendance des Phéniciens, il y a eu cependant des relations très étroites entre les deux pays. Si la peinture céramique chypriote vers les XVIe à XIIe siècles n'est pas phénicienne, on doit admettre que la peinture phénicienne contemporaine s'est formée à la même école que celle de Chypre, sinon à Chypre même. Je ne vois pas d'autre moyen d'expliquer la présence d'un style chypriote si pur et si caractérisé dans la colonie phénicienne de Tarshis. Nous sommes ainsi amenés à une première conséquence : les Phéniciens préhistoriques connaissaient la peinture céramique. La très grande finesse d'exécution des peintures sur os d'Almizaraque prouve qu'ils maniaient habilement le pinceau ; mais le caractère rudimentaire et le style primitif des peintures sur vase d'Espagne, la proportion plus forte de vases gravés, même parmi ceux qui reproduisent des symboles venus d'Orient, semblent nous prévenir que dans l'application de la peinture à la décoration de la céramique, ils étaient moins avancés, et cela explique qu'on leur ait attribué l'ignorance complète de cette technique. D'ailleurs toute la céramique turdétane est très inférieure à la chypriote, et si j'ai signalé plus haut des analogies qui impliquent une influence de l'une sur l'autre, les produits de l'Ouest restent cependant plus grossiers. Cela peut provenir de la prépondérance de l'élément turdétan indigène, ou du retard naturel de la colonie sur la métropole ; mais il se pourrait aussi qu'il

faille remonter plus haut et admettre qu'en céramique les Phéniciens étaient plus arriérés que les Chypriotes.

Par l'examen des récipients à parfums et de divers objets en ivoire, nous voyons qu'ils avaient déjà le goût de l'ornementation par le greneté, procédé qu'ils ont tant affectionné et appliqué aux vases en métal durant la période historique.

La simplicité des ornements d'un peigne en ivoire et d'un vase en forme d'œuf d'autruche, montre un art débutant ; mais ici encore on trouve déjà des motifs que les Carthaginois reproduisirent dix siècles plus tard.

L'absence de perles en verre, la rareté et la grossièreté des minuscules grains de terre émaillée témoignent dans le même sens : les Phéniciens n'étaient pas encore maîtres de ces industries, qui plus tard leur rapportèrent de si gros bénéfices.

Pour les idoles plates et en forme de colonne, il y a tant de points communs entre les séries turdétane et chypriote, qu'on n'a aucune peine à se figurer ce que pouvaient être les phéniciennes qui leur auraient servi de trait d'union.

Le poulpe nous conduit à Mycènes plutôt qu'à Chypre ; mais la variante des bras qui en fait un véritable poulpe ailé, semble un acheminement vers les dieux ailés asiatiques ; chez les Phéniciens cela ne doit pas nous surprendre.

Les statuettes féminines à grand triangle, le double triangle ou hache bipenne, se trouvent également dans leur milieu naturel.

En architecture, nous avons vu copier les œuvres des Mycéniens.

Les Phéniciens préhistoriques, comme leurs colons et comme les Mycéniens, faisaient usage d'outils et d'armes de pierre. Il est rationnel de leur attribuer l'introduction en Espagne du type mycénien de pointes de flèche à base

très creusée, puisque cette forme est, dans la Péninsule, localisée dans la région soumise à leur influence.

Ils connaissaient le bronze, mais l'étain étant rare, il est fort possible qu'ils aient surtout employé le cuivre pur, comme les Chypriotes et les Turdétans.

Leur commerce était varié : nous avons vu quelques-uns de ses articles : parfums, cosmétiques, fards, œufs d'autruche, ivoire, perles émaillées ; puisqu'ils ont connu l'ambre, le jais, la callaïs, ils ont dû intervenir dans leur colportage ; bien d'autres substances n'ont pas laissé de traces. De la Turdétanie ils tiraient des produits très variés : les mêmes que Rome en exporta plus tard. Aux deux époques, l'argent a joué le rôle principal. Les Phéniciens l'emportaient sous forme de plomb et de cuivre riches ou de minerais, et en extrayaient l'argent chez eux. Les découvertes d'Hissarlik montrent la grande antiquité du travail des métaux précieux, compatible avec une civilisation qui ignore les métaux usuels, cuivre et bronze. On peut affirmer que les Phéniciens préhistoriques transformaient en vases, ornements et bijoux, l'or et l'argent qui sortaient de leurs navires et de leurs fourneaux.

Le commerce et le travail de l'argent furent la cause principale de l'influence qu'ils acquirent dans l'histoire des peuples méditerranéens.

Après avoir montré le rôle important que les Phéniciens ont joué dans l'histoire d'Espagne pendant la dernière phase du Néolithique, il convient de rappeler que les relations que j'ai constatées entre le bassin égéen et l'Espagne sont bien plus anciennes que les navigations des Phéniciens. Ceux-ci n'ont fait que suivre le chemin ouvert par d'autres peuples. Cela reste toujours d'accord avec les souvenirs que la tradition a conservés. Bien avant qu'on n'eût songé à remuer le sol, les historiens ont longuement discuté tout ce qui a rapport à ces anciennes expéditions : les discussions ont surtout porté sur la réalité des données qu'Homère a prises comme

base de ses poèmes ; commencées il y a deux mille ans, elles durent encore. Strabon surtout a défendu Homère contre les attaques dont il a été l'objet, et cherché à démontrer l'existence d'anciennes migrations de peuples de race hellène en Espagne. Il invoque le témoignage de divers auteurs, tels qu'Asclépiade de Myrlée qui a habité la Turdétanie, et dans le récit d'un voyage, parle entre autres de la ville d'Ulysse, Odissea, avec un temple de Minerve où se trouvaient fixés des boucliers et des éperons de navire en mémoire des erreurs du héros. Cette ville était située au-dessus d'Abdera, dans la montagne, donc, comme Millares, sur le versant maritime de la chaîne bétique, et d'ailleurs pas très loin de notre ville préhistorique ; d'autres noms de villes, des coutumes grecques observées en Lusitanie et diverses circonstances fournissent des arguments du même genre.

Quoi qu'il en soit de la valeur de ces données et de l'époque à laquelle elles se rapportent, Homère a dû mettre à profit les traditions au sujet des expéditions en Espagne plus anciennes que celles des Phéniciens. Ces traditions formaient le fonds de l'histoire, et il ne paraît pas nécessaire de recourir à un périple phénicien pour expliquer l'*Odyssée;* ce serait, semble-t-il, enlever au récit beaucoup de son caractère national : le poète n'avait pas à mendier les données de son œuvre aux Phéniciens. M. Victor Bérard attribue cependant un rôle prépondérant aux Phéniciens, comme source de renseignements ; son livre, dit-il, est le développement d'une phrase de Strabon « οἱ γὰρ Φοίνικες ἐδήλουν τοῦτο » : les Phéniciens faisaient connaître ces choses, et d'une autre semblable. Mais si on laisse ces phrases là où Strabon les a mises, on voit que les renseignements dont il s'agit, se rapportent exclusivement aux conditions de climat et de richesse de la Turdétanie, dont les Phéniciens étaient maîtres. Strabon dit, en effet, clairement qu'Homère était au courant de l'expédition d'Hercule, la plus ancienne, et de celles des

Phéniciens qui vinrent ensuite. Comme me le fait remarquer M. J. Mansion, professeur à l'Université de Liége, la différence de temps entre ἱστορηκώς, mis au courant, instruit par une tradition antérieure, et πυνθανόμενος, apprenant, montre que, pour Strabon, Homère apprend la richesse de l'Ibérie par les Phéniciens ses contemporains (soit par ce qu'ils en disaient, soit par leur commerce et les produits rapportés), tandis que les expéditions d'Hercule et autres lui sont connues par l'histoire elle-même.

Au point de vue historique, la valeur de l'*Odyssée* n'en est que plus grande, et à notre point de vue, nous verrons là un argument de plus pour montrer que les Phéniciens ont été précédés en Occident par des peuples du bassin égéen.

(*A suivre*) LOUIS SIRET.

VARIÉTÉS

I

TAIF

LA CITÉ ALPESTRE DU HIDJAZ, AU Ier SIÈCLE DE L'ISLAM

Étude de géographie arabe ancienne (1)

I

A une forte journée au sud-est de la Mecque (2), sur le rebord oriental du plateau pittoresquement vallonné que forme vers son milieu la longue chaîne courant parallèlement à la mer Rouge, s'élève, adossée au mont Ghazwân, la ville de Tâif (3), la

(1) Leçon professée à la Faculté orientale de l'Université de Beyrouth, en 1905. Nous nous sommes contenté d'y ajouter quelques références nouvelles. En l'absence de caractères ponctués, nous avons adopté pour les noms arabes une transcription suffisamment claire plutôt que rigoureusement conséquente (Ainsi : Hadjâdj, sans redoublement du djim). Nos confrères orientalistes voudront bien nous en tenir compte.

(2) On indique généralement une évaluation plus élevée ; nous obtenons la nôtre en combinant surtout *Aghâni* I, 155,3 (position du 'Ardj) et 156, en bas (: de 'Ardj on se rend à Tâif pour la prière du vendredi). Maqdisi place deux ou même trois " *marhala* " entre la Mecque et Tâif (112,3 etc.) : pour la dimension des marhala de ce géographe, voir 106, 11 etc. Ibn Rosteh, 184 néglige de noter ici les distances. Ya'qoûbi *Geograph.* 316,9 parle de deux marhala. Les indications de Istakhri sont tout à fait défectueuses (19,9 11), sans atteindre pourtant l'erreur de Qalqachandi I 207 (édit. d'Égypte) lequel place Tâif au N. E. de la Mecque. Les relations incessantes entre les deux cités s'opposent également à l'hypothèse d'une grande distance.

(3) Hamdâni, *Djazîrat al-'Arab*, 120-121 ; notice de Yâqoût III, 495 etc...; nous y renverrons constamment. Maqdisi 79,9. Margoliouth, *Mohammed*,

patrie des hommes d'État Omaiyades (1) et centre urbain de la puissante tribu de Thaqîf (2). La légende rattache les Thaqafites aux antiques races de 'Ad et de Thamoûd, exterminées par Allah (3). Nous aurons à discuter la valeur de cette donnée, outrageusement défigurée par la tendance et la réaction anti-omaiyades. Quoi qu'il en faille penser, la vive intelligence des Thaqafites (4) leur assigne un rang à part parmi les populations de l'Arabie.

La religion chrétienne n'était guère représentée à Tâif que par des esclaves chrétiens tels que celui rencontré par Mahomet, dans sa première excursion propagandiste à Tâif. On aimerait à supposer l'existence d'une colonie de chrétiens Nadjrânites en cette ville, située sur la route de Nadjrân, et en relations constantes d'affaires avec elle. Le silence de nos documents ne nous permet de rien affirmer. A quelle confession appartenaient les esclaves " grecs „ de Tâif (5) dont parle la légende musulmane, comme al-Azraq (6) et 'Obaid, père putatif de Ziâd? Nous l'ignorons; ils finirent par embrasser l'islam. Le christianisme du célèbre Omaiya ibn abi Salt (7) nous paraît de moins en moins vraisemblable (8). En décrivant les délices du Paradis, un poète chrétien, même hétérodoxe, n'aurait jamais pensé à y introduire des " houris „ (9), comme le fait Omaiya.

Au début de l'Islam, Tâif (10) était incontestablement, après la

402-403, a une bonne description de Tâif. On trouve aussi quelques traits dans la monographie consacrée par M. Périer à Hadjâdj.

(1) Nommons Moghîra ibn Cho'ba, Ziâd, Hadjâdj, etc.

(2) Celle-ci faisait à son tour partie du groupement de tribus compris sous le nom de " Hawâzin „. Le relatif ou ethnique (en arabe *nisbat*) de Thaqîf est " Thaqafi „ d'où Thaqafite, employé par nous.

(3) *Kâmil* de Mobarrad 266; *Ag.* IV 74.

(4) D'où le terme " Thaqîf „ homme très intelligent. Voir les lexiques.

(5) Plus vraisemblablement des syro-mésopotamiens. Les arabes à cette époque donnaient volontiers le nom de " *Roum* „ à leurs voisins septentrionaux relevant de Byzance. Comp. *Tabaq.* III[1] 176,20.

(6) Ibn Sa'd. *Tabaqât* (= Tabaq) III[1] 177.

(7) On peut maintenant sur Omaiya consulter l'étude de Fr. Schulthess dans ORIENTALISCHE STUDIEN (hommage à Nöldeke) I, 71. Sa mémoire était très vénérée à Tâif (Ibn-Doraid, *Ichtiqâq*). Cela permet de conclure à l'existence d'un petit groupe de " *hanîf* „ en cette ville. Cfr Schulthess, op. cit. 86-87.

(8) L'épisode de la prédication de Mahomet à Tâif nous montre la population favorablement disposée pour le christianisme.

(9) Cfr JOURNAL ASIAT. 1904[2] 135, 160.

(10) La tribu de Thaqîf occupe encore le territoire de Tâif. Burckhardt (*Voyages en Arabie*, I, 113; Paris, 1835) la trouva presque détruite, depuis

Mecque, la première ville du Hidjâz, peut-être même de l'Arabie. L'expression qoranique " *al-qariatân* „ (1) englobant les deux cités, suffirait à le prouver. L'art de la construction y avait atteint un plus grand développement qu'à la Mecque (2). On y admirait de hautes demeures, massives comme des forteresses, et à ce titre qualifiées de " *hosn* „ et de " *otom* „ (3). La ville des Thaqafites avait en outre sur la cité de Qoraich l'avantage de posséder une enceinte fortifiée ; celle-ci était garnie de machines de guerre, habilement maniées par les habitants, comme le prophète en fit l'expérience après la journée de Honain (4). Cette importance, Tâif la devait à sa situation très spéciale, ne rappelant en rien celle des agglomérations urbaines de la Péninsule, au sein des hautes montagnes, au milieu d'eaux courantes (5), s'écoulant dans la direction du Nadjd, et du Yémen (6).

Les eaux, la pureté de l'air (7), la fraîcheur de la température (8), s'abaissant parfois au-dessous de zéro, y développaient la plus luxuriante végétation. Des champs de céréales (9), des

le passage des Wahhabites. Ces sectaires y auraient massacré 15 000 habitants, musulmans et juifs. La présence de ces derniers en plein Hidjâz est à retenir. Cfr Ed. Driault, *La politique orientale de Napoléon I*, 43.

(1) *Qoran*, XLII 30 ; *Kâmil*, 291 ; Balâdhori, 34. Farazdaq. Cfr J. Hell dans Z. D. M. G. 1905. 602, vers 2 ; le poète se vante de compter parmi ses parents (*'Achîra*) les " habitants des deux cités „ (*qariatân*).

(2) Où pour les constructions soignées on doit recourir aux étrangers. *Ag.* I 98,4 ; III, 84 ; 86 ; reconstruction de la Ka'ba, sous ibn Zobair ; ibn al-Faqîh 196, 14. Comp. dicton attribué à Mahomet : " Le plus mauvais emploi de l'argent pour un musulman, c'est de construire. „ *Tabaq.* VIII 120,1.

(3) *Ag.* XII 45, 49. Wüstenfeld, *Chroniken der Stadt Mekka*, II, 76, rappelant probablement le style des maisons de San'a dans le Yémen ; voir illustrations dans l'ouvrage de Hogarth, p. 198.

(4) Balâdhori 55.

(5) Yâqoût III 495-96. Cf. Hogarth, *The penetration of Arabia*, 1905. Dans la carte adjointe, on indique 6168 pieds, comme hauteur de Tâif. L'altitude de la Mecque serait de 1970 pieds, le mont Ghazwân atteindrait environ 9000 pieds.

(6) Hamdâni 121,4 ; Yâqoût III 496,1 ; *Khamîs* II, 30. Un autre wâdi au moins s'ouvrait dans la direction du Hidjâz et de Médine. Balâdhori, 13, 7-9 ; Samhoûdi (texte allemand de Wüstenfeld), 154.

(7) *'Iqd* III 356 ; Maqdisi, 79. Excepté pourtant dans le voisinage des tanneries ; il en sera question plus bas.

(8) *Kâmil* 115 ; Maqdisi 79,7 ; *'Iqd* III, 342, 7 a. d. l.

(9) Yâqoût III 495. Le froment constituait la base de l'alimentation des gens de Tâif au lieu du lait et des dattes, nourriture ordinaire des

forêts couvraient les collines et les vallées environnantes où abondait le gibier (1). Dans les jardins, soigneusement enclos de murs (2), on retrouvait outre les palmeraies du Hidjâz (3) et les représentants ordinaires de la maigre flore arabique, des productions végétales et des fruits de la Syrie : les raisins, les bananes, les figues, les pêches, les grenades, les melons (4) ; produits appréciés, et exportés dans le reste du Hidjâz (5). Les vignobles de Tâif produisaient du vin (6) en telle quantité qu'on disait proverbialement : importer du vin chez les Thaqafites (7); au lieu de : porter de l'eau à la rivière. Ils produisaient en outre une variété de " *zabîb* ", sorte de raisin de Corinthe, célèbre dans toute la péninsule et jusque sur les marchés de la Babylonie et de la Syrie (8), pourtant pays de vignobles. Les étrangers passant par Tâif à la fin des vendanges, s'extasiaient devant l'étendue des aires ou " *bayâdir* ", noires comme les " *harra* " (9), et servant à la préparation du raisin sec (10). Avec les chrétiens et les juifs (11), les Thaqafites étaient les

Arabes. *Ag.* XII 48-49. Le pain était une rareté chez certains nomades, on l'offrait aux hôtes de distinction. *'Iqd*, I 211,9 ; *Ag.* IV 103, 1-4 ; Lammens, *Un poète royal à la cour des Omiades*, 40.

(1) *Ag.* VII 145. Certaines parties de la banlieue étaient territoire sacré, où la chasse demeurait interdite. Voir *'Iqd* I 135 ; Wellhausen, *Reste arab. Heidenthum* 50, etc. Wüstenfeld, *Chroniken der Stadt Mekka* II 48, 75.

(2) Pour ce motif, comme dans le reste du Hidjâz, ils s'appelaient " *hâit* " pl. " *hîtân* ". Balâdhori 58. Tabari I 1200, 16 ; 1671,9.

(3) Yâqoût III 495.

(4) *Djamhara* 106, 29 ; Balâdhori 56-58 ; Maqdisi 79 ; *Khamîs* II, 209 ; Yâqoût, loc. cit. Ibn Batoûta, I 304-5. L'énumération de ces fruits reparaît dans la description du paradis d'Omaiya ibn abi Salt ; on y retrouve jusqu'au blé et au miel. J. A. 1904[2] 160.

(5) *Ag.* I, 84, 14.

(6) *Khamîs* II, 137, 2. Balâdhori, 56.

(7) Ibn Qotaiba, *Poesis* (ed. de Goeje) 416, 6. Aussi le plus original des poètes bachiques depuis l'Islam, le joyeux abou-Mikdjan, est-il originaire de Tâif.

(8) *Ag.* XIII 34. Comme le montre ce texte, dans Baihaqi, 107, 13 ; Djâhiz *Mahâsin* 165, 10 à la leçon " *zait* " huile, il faut préférer " *zabîb* ", comme objet du commerce spécial d'aboû Sofiân à la Mecque. On avait transplanté jusque dans le Khorasân la vigne produisant le zabîb de Tâif. Maqdisi, 324, 4.

(9) Terrains volcaniques, couverts de blocs de basalte, très fréquents en Arabie.

(10) Yâqoût III 499, 14. Ibn al-Faqîh 22, 14 etc.

(11) Lammens, *Poète royal*, 41. Djâhiz, *Opuscula*, 63. *Ag.* VIII, 81, 2, 9. XII, 151 ; 155.

cabaretiers ordinaires des villes du Hidjâz. Pour faire cesser leur odieuse industrie, le calife 'Omar ne trouva pas de moyen plus expéditif que de faire mettre le feu à leurs tavernes de Médine (1). De sa vigne de Tâif, 'Abâs, l'oncle du prophète, tirait le raisiné, servant, pendant la saison du pèlerinage, à corriger le goût saumâtre (2) de l'eau de Zamzam (3). La tradition l'affirme du moins. Mais avec le caractère de l'usurier (4) que fut toujours l'ancêtre des 'Abbassides, rien ne nous force à admettre le désintéressement de cette opération.

A Tâif, l'apiculture (5) était également l'objet de soins spéciaux, favorisés par l'extension des vergers. Bref, le territoire de Tâif était un coin de la Syrie transporté sous le ciel inclément du Hidjâz (6). La toute-puissante intercession du patriarche Abraham — ainsi le voulait la légende — avait obtenu ce prodige en faveur des habitants de la Mecque, cette vallée stérile et sans eau, où le regard ne trouvait pas à se reposer (7). Aussi conçoit-on l'attraction exercée par ce site privilégié sur les riches marchands de Qoraich. Malgré les faveurs spirituelles promises aux Mecquois assez courageux pour affronter les ardeurs de leur été (8), lorsque les caprices du calendrier musulman faisaient coïncider le jeûne du Ramadan avec la période de la canicule, il était de mode de se transporter sur les hauteurs du mont Ghazwân. Ainsi fit le pieux calife 'Omar II (9), et le non moins orthodoxe grammairien Asma'i, lequel, à cette

(1) *Tabaq.* III[1] 202 ; V 40.

(2) Sur cette particularité cfr Azraqi 294 ; 340 ; Maqdisi 101, 5.

(3) Azraqi 70. Comp. Balâdhori 56.

(4) Le prophète dut porter une interdiction spéciale contre les opérations usuraires de son oncle. *'Iqd* II 159, 8 a. d. l. Pour l'usure à la Mecque, cfr ibn Hadjâr, II 396, 6 ; Azraqi, 351 ; 365, 5.

(5) Balâdhori, 57 ; Baihaqi 516, 12.

(6) Ibn al-Faqîh 17, l. 19. Azraqi 41 ; Maqdisi 79, 7.

(7) Ibn al-Faqîh 17, 16. Djâhiz. *Tria opuscula*, 61, 3-4. Yâqoût, III, 496. Les dattes elles-mêmes étaient une rareté à la Mecque. *Ag.* IV 42, 10. Istakhri, 17, 5. etc., a. d. l. signale quelques palmiers et pas un arbre fruitier dans toute l'étendue du territoire sacré de la Mecque. Une grappe de raisins, trouvée après la bataille de Ohod entre les mains d'un prisonnier médinois, fait crier au miracle. *Ag.* IV 42, 11. *Tabaq.* VIII, 221, 10.

(8) Ibn al-Faqîh 17, 15. Azraqi 267, 1. Avant les travaux de Mo'âwia, la ville manquait d'eau en été. Azraqi, 439. La source de Zamzam était intermittente. *Ibid.* 300. Voir aussi *Chroniken der Stadt Mekka*, II, 33, 2.

(9) Azraqi 364.

occasion, confère à la cité des Thaqafites l'épithète de bénie (1).

Tâif était devenue (2), et est demeurée depuis (3) la villégiature favorite des Mecquois (4). Avant comme après l'Islam, l'idéal d'une vie heureuse au Hidjâz était de passer l'hiver à la Mecque (5), le printemps à Médine (6) et l'été à Tâif (7). Beaucoup de notables musulmans, venant achever leur carrière orageuse dans les villes saintes du Hidjâz, possédaient, comme ibn-'Abbâs, l'ancêtre vénéré des califes de Bagdad, comme 'Ali, fils de Hosain (8), comme la fameuse 'Aicha bint-Talha, nièce de la favorite du prophète, une luxueuse villa à Tâif, où ils se réfugiaient pendant la saison chaude (9).

II

Au point de vue économique, la position de Tâif n'était pas moins heureuse et presque aussi centrale que celle de la Mecque. Sise en plein Hidjâz, voisine du Yémen, à proximité de la grande foire de 'Okâz (10), une localité thaqafite (11) dans une région fréquentée par les nomades de Qoda'a et de Modar (12),

(1) *Kâmil* 115, 10. Il ne croyait donc pas aux récits tendancieux, mis en circulation, vers cette époque, par la réaction anti-omaiyade. Pourtant Asma'i n'aimait pas les Omaiyades; il étendait cette aversion jusqu'à leurs poètes. Cfr *Poète royal*, 8.

(2) Maqdisi 79, 10.

(3) Les chérifs de la Mecque ont leur campagne à Tâif.

(4) Pendant la révolte de Médine sous Yazîd I, les harems de l'Omaiyade Marwân et de 'Ali, fils de Hosain, s'y réfugient. *Ag.* I 13; Tabari II, 409; Ibn al-Athir IV, 49.

(5) Ou plus exactement au Tihâma, c.-à-d. sur les bords de la mer Rouge; Azraqi 79, d. l.

(6) Ou mieux dans la plantureuse vallée du 'Aqîq, le bois de Boulogne de Médine. Cfr *Ag.* III 173; VII 125; XII 169, 173; XVI 93; XIX 56.

(7) Yâqoût III 500, 16. Djâhiz, *Opuscula*, 62, 21. Maqdisi 95, 17. Azraqi 79, d. l. Corrigez en ce sens le texte de Djâhiz traduit dans Margoliouth, *Mohammed*, 6.

(8) Tabari II, 410.

(9) *Ag.* X 61, 2; même cas pour Sokaina, petite-fille de 'Ali; *Ag.* XVIII 93, 22, une princesse omaiyade a passé l'été à Tâif. *Ag.* I 85, 13. Ainsi font la plupart des Mecquois propriétaires fonciers à Tâif; nous les citerons plus loin.

(10) A tort considérée comme exclusivement qoraichite.

(11) Située à un " *barîd* " de Tâif. Azraqi 131, 13-14. Pour les relations fréquentes de Tâif avec le Yémen, on peut voir Fr. Schulthess, *Umaiya ibn abi's Salt*, dans ORIENTALISCHE STUDIEN (hommage à Nöldeke) I, 87.

(12) Yâqoût III 498, 8 etc.

centre de l'importante confédération bédouine de Hawâzin (1), Tâif était traversée (2) par la grande route commerciale allant du sud de l'Arabie dans la direction de la Mecque et de la Syrie (3). Par les vallées ouvertes dans la façade orientale de son plateau, la ville communiquait avec le Madjd et la Babylonie. Cette heureuse situation, Tâif avait su la tourner à l'avantage de son commerce, très développé sans pouvoir toutefois rivaliser avec celui de la Mecque (4). Elle y serait peut-être parvenue en dépit de son éloignement de la mer et des marchés syriens, si, comme la Mecque, elle avait possédé une aristocratie marchande assez unie pour étouffer les divisions particulières dans l'intérêt du commerce et de la cité (5). Aux notables de Tâif il manquait le sentiment de la solidarité, reliant entre eux les Qoraichites (6). Le plus considéré des Thaqafites au moment de la prédication de Mahomet, aurait porté le titre fastueux de " *'azîm al-qariatain* „ (7) ou " premier des deux cités „ (8); mais il ne paraît pas avoir incarné le talent politique d'un aboû Sofiân. Deux grands partis divisaient la cité : celui des " Ahlâf „ et celui des " banoû Mâlik „ (9). Ces dissensions nuisirent au développement économique de Tâif.

La cité possédait un sanctuaire renommé, avec un trésor et une caste sacerdotale (10); et, en Arabie, comme on le voit par l'exemple de la Ka'ba, les sanctuaires servaient généralement de centres à des foires. Or, dans les villes à sanctuaires, le commerce

(1) Rappelons la bataille de Honain et le siège de Tâif par Mahomet. Cfr Sprenger, *Mohammad* III 323, etc. Hadjâj est appelé " *saiyd* de Hawazin „. *Ag.* XI 60, 4 a. d. l.; 61, 1. Avant la bataille du Chameau, sur l'invitation de Moghîra, tous les Hawâzins se retirent du camp de 'Aicha. *Tabaq.* V, 23. Sur les relations entre Hawâzin et Thaqîf, voir aussi Mas'oudi V, 64-65.

(2) Cfr Grimme, *Mohammed*, cartes des routes de l'Arabie.

(3) Cfr Balâdhori 36, 10. Ya'qoubi II 232, 2; *Ag.* II 155, 3.

(4) Cfr une remarque de Nöldeke dans Z. D. M. G., 1886, p. 185.

(5) Les épisodes qui suivirent le siège de Tâif par Mahomet et précédèrent l'adhésion à l'Islam montrent la cité travaillée par des luttes intestines.

(6) Cfr Nöldeke dans Z. D. M. G., 1886, p. 177.

(7) Comp. *Qoran* XLIII 30, et commentaire de Baidawi sur ce passage. Ibn Doraid, *Ichtiqâq* 185-86; *'Iqd* I 94; II 63; *Ag.* XI 61-2; XII 45. On n'est pas d'accord sur le nom du titulaire, mais il était certainement thaqafite.

(8) Tâif et la Mecque.

(9) *Ag.* IV 74; *Osd al-Ghâba* IV 187; *Tabaq.* V 369, 20; 373, 10.

(10) Wellhausen, *Reste* 30 etc.

d'abord, puis le plaisir, avaient fini par relégner à l'arrière-plan les préoccupations religieuses (1). Tâif ne faisait pas exception à la loi générale. Les étrangers y fréquentaient surtout le marché, puis le quartier spécial dont Mas'oûdî (2) a conservé le nom caractéristique. Aussi Mahomet recommande-t-il aux missionnaires détachés par lui à Tâif, d'alléger pour les habitants le précepte onéreux de la prière (3). Cela n'empêche pas d'admettre avec la tradition (4) qu'au moment de la mort du prophète, l'ensemble de la population avait officiellement adopté la foi nouvelle.

La ville ne vivait pas exclusivement du transit, comme celle de Qoraich, mais elle pouvait alimenter un commerce d'exportation (5), au moyen des produits de son industrie et de son agriculture (6). Ces derniers nous sont déjà connus. Pour l'industrie il faut mentionner d'importantes tanneries établies sur les nombreux cours d'eau qui arrosaient les vallées environnantes (7). Tel était le nombre de ces établissements que l'air de ces quartiers s'en trouvait empesté au point, disait-on, de les faire déserter par les oiseaux (8).

Aussi rencontrons-nous les Thaqafites sur toutes les routes de l'Arabie (9), fréquemment engagés dans des spéculations commerciales en commun avec les Qoraichites et en voyage d'affaires avec ces derniers (10). Le cycle de légendes formé autour de la mémoire du célèbre Omaiya ibn abi Salt nous a gardé le souvenir de ces relations pacifiques, si rares entre voisins dans l'Arabie ancienne et moderne. C'était avant tout le commerce — nous pouvons le supposer — qui avait attiré à Tâif une colonie juive (11) ; le commerce également servait de trait d'union entre

(1) *Reste*, 216.

(2) *Prairies d'or*, V 22. Rappelons l'épisode d'aboû Sofiân, et de Somaiya.

(3) *Tabaq.* V 372-73.

(4) Ibn Hadjâr II nº 8443; III 7, 18, 31. Notez la sollicitude de la tradition à enregistrer l'adhésion des Thaqafites à la foi nouvelle.

(5) Jusqu'au début du régime omaiyade le gouvernement de Tâif est toujours signalé parmi les plus importants de l'empire. Avec le transfert de la capitale à Damas, Tâif souffrit de la décadence générale qui atteignit le Hidjâz, où seules les villes saintes gardent de l'importance.

(6) De là l'expression fréquente dans l'*Aghâni* : aller faire le commerce à Tâif. Cfr *Ag.* XIX 57.

(7) Hamdâni 120, 22 ; Yâqoût III 496.

(8) Yâqoût loc. cit. On exporte les souliers fabriqués à Tâif. *'Iqd* I 68, 7.

(9) *Khamîs* II 136, 2 ; *Ag.* : XII 46, 23 ; 48, 5 ; XIV 140, 12.

(10) *Ag.* III 187-88 ; XII 48, 9 ; ibn Hichâm 531.

(11) Balâdhori 56. Même explication pour la colonie juive de Nadjrân.

les deux grandes cités, " *Qariatân* „ du Hidjâz (1), et fournissait l'occasion d'échanges constants entre leur population. Dans les rapports de Tâif et de la Mecque, on ne retrouve pas la situation tendue qui, avant comme après l'islam, sépare les Qoraichites d'avec les Médinois. Aussi, au début de sa mission, Mahomet, repoussé par ses concitoyens, décide-t-il de se rendre, non à Médine, mais à Tâif (2). Les Mecquois traversent incessamment Tâif ou y résident dans l'intérêt de leur commerce (3). Ils avaient fini par y former une colonie ; et nos auteurs (4) parlent couramment des Qoraichites de Tâif. De leur côté, de nombreux Thaqafites élisent domicile à la Mecque, et se rattachent en qualité de halîf (5) à des familles mecquoises (6). A la bataille de Ohad un contingent de cent Thaqafites combat dans les rangs Qoraichites (7) et le poète Omaiya ibn abi Salt, lui-même fils d'une qoraichite (8), consacre une élégie à la mémoire des Mecquois tombés à Badr.

Comme l'affirme Balâdhori (9), la plupart des Mecquois possédaient des maisons ou des propriétés à Tâif ou dans les environs ; domaines que ces habiles marchands s'entendaient merveilleusement à mettre en valeur (10). Aboû Sofiân récoltait dans ses clos de Tâif le *zabîb* qui, avec le cuir, alimentait son commerce spécial de la Mecque (11). Le célèbre Mecquois abou Ohaiha (12) meurt dans sa propriété de Tâif (13). Presque tous (14)

(1) Cfr *Ag.* XIII 34, ad fin., la réponse de Mo'âwia à sa sœur mariée à Tâif. Cette fille d'aboû Sofiân est mentionnée dans Bohâri III 468.

(2) Cfr Tab. I 1199 etc.

(3) Cfr Balâdhori, *fî tidjara* 3471, 12; Tab. I 1573, 3. Rappelons l'histoire d'abou Sofiân et de Somaya.

(4) Par ex. Tab. I 1185, 15.

(5) Allié.

(6) Curieux exemple dans *Tabaq.* III[1] 176, 20-25. Un de ces *halîf* finit par devenir le principal personnage de la famille mecquoise, qui l'a accueilli. *Chroniken Mekka* II 143, 2.

(7) Wâqidi 202, 3 (éd. Kremer).

(8) Ibn Qotaiba, *Poesis* 279 ; ou mieux d'une femme Omaiyade. *Ag.* III 183. Voir maintenant Fr. Schulthess, op. cit. I 72.

(9) 56, 13 ; *Ag.* VII 145 ; II 88, 6 ; 154, 6, etc.

(10) Balâdhori, 56, 13 etc.

(11) Ibn Rosteh 215, 9 ; Wâqidi 330 ; *Ag.* XIII 34, ad fin.

(12) Wüstenfeld, *Register* 356.

(13) Tab. I 1261.

(14) Propriétés à Tâif des familles Omaiyades de 'Abdallah ibn 'Amîr, et de Sa'îd ibn al-'Asî ; *Osd al-Ghâba* IV 108, 8 ; *'Iqd* II 154, 9 ; 229.

les Omaiyades étaient propriétaires à Tâif : aboû Sofiân (1), le calife 'Othmân (2) et aussi 'Abbâs, l'oncle du prophète (3). Par des achats faits aux Juifs de Tâif (4) le calife Mo'âwia arrondit encore les propriétés (5) héritées d'Aboû Sofiân. Une vallée voisine de Tâif était habitée par les descendants des Omaiyades (6). Nous retrouvons aussi des descendants de 'Amrou ibn al-'Asi fixés à Tâif (7). Le clos de ce dernier renfermait une vigne en berceau supportée par mille étais (8). Ibn 'Abbâs y passera les dernières années de sa vie. Comme le fut l'île de Rhodes sous la dynastie ottomane, la région de Tâif était devenue l'exil des grands personnages de Qoraich. Le cadre frais et verdoyant, formé par les forêts et les vallons du mont Ghazwân devait leur faire trouver moins amer leur éloignement de la Mecque (9).

Entre Thaqafites et Qoraichites les alliances matrimoniales étaient fréquentes (10). Dans son essai de propagande à Tâif, Mahomet s'en souviendra pour se mettre sous la protection des Mecquoises, mariées en cette ville. Parmi elles, on comptait deux filles d'aboû Sofiân (11). La mère et la femme du célèbre saiyd thaqafite Ghailân étaient omaiyades (12). Mahomet lui-même accorda la main d'une de ses filles à un habitant de Tâif (13), comme avaient fait aboû Tâlib, l'oncle du prophète (14) et Omm

(1) *Morassa'* 234, 4 a. d. l. ; Yâqoût IV 369 ; Bakri 830.
Tab. I 1692, 1 ; *Khamîs* II 135, 4 a. d. l. ; *Ag.* XIII 34, ad fin.

(2) Tab. I 2834, 16 ; Balâdhori 362, 7 ; 'Othmân naquit à Tâif, *Khamîs* II 254.

(3) Balâdhori 56.

(4) Balâdhori 56. Propriétés à Tâif du calife Walîd II, *Ag.* VI 146, en bas.

(5) *'Iqd* II 154 ; Yâqoût III 500, 16. *Ag.* VII 145.

(6) Hamdâni 121, 3. Comp. dans *Ag.* I 153 etc..., la notice du 'Othmânide al-'Argi.

(7) Hamdâni 120, 25 ; *'Iqd* III 381, 8 ; Tabari, II 279, 11.

(8) Ibn al Faqîh 22, 9.

(9) 'Omar ibn abi Rabî'a est exilé à Tâif *Ag.* VIII 58. On le signale au calife Walîd I désireux de connaître cette ville *Ag.* II 145. Djarîd, exclu de la Mecque, s'établit à Tâif *Ag.* III 106 3 a. d. l. Autre exilé à Tâif *Ag.* XV 63, 8. Qui sait si les charmes de Tâif n'eussent pas empêché un troisième exilé de Médine, Rabî'a ibn Omaiya, de se faire chrétien ? *Ag.* XIII 112 ; ibn Hadjâr I 1085.

(10) Ibn Hichâm 219, 14 ; 293 ; 875. *Khamîs* I 420, 3 ; III 111, 3. Tab. I 1200, 5 ; 1573, 3 ; 1672, 10. *Ag.* XII 45, 13. *Tabaq.* VIII 34, 31 ; 217, 23.

(11) Tab. I 1672, 11 ; ibn Hichâm 873. *Tabaq.* VIII 175, 3.

(12) *Ag.* XII, 45. Le thaqafite 'Orwa ibn Mas'oud a aussi une mère mecquoise. *Tabaq.* V 369, 6.

(13) Caetani, *op. cit.* 421. Ya'qoubi II 42. La mère du calife Marwân était également de Tâif. *Ag.* XVI 91.

(14) *Tabaq.* VIII 33, 25.

Habîba. une de ses épouses (1). Les plus illustres musulmans : le calife 'Omar (2), 'Ali, le gendre du Prophète (3), le fils de 'Abbâs (4) s'allieront par des mariages aux familles de Tâif. Le célèbre Hadjâdj faisait sans doute allusion à des relations aussi intimes, quand il se vantait de descendre des nobles dames de Qoraich (5). Invité à composer un panégyrique en l'honneur d'un Omaiyade, le poète Farazdaq ne trouve rien de mieux que de réunir chez les ancêtres de son Mécène les gloires de Qoraich aux illustrations de Thaqîf (6).

Comme dans toutes les places commerçantes de l'Arabie (7), l'usure florissait à Tâif ; et elle n'était pas seulement pratiquée par les juifs ; témoin, les prescriptions édictées par Mahomet pour réglementer la conversion des Thaqafites à l'Islam (8). Ces derniers passaient avec raison pour les plus fins et les plus retors (9) des habitants de la Péninsule (10). De là au reproche de tout envahir, il n'y avait qu'un pas (11) ; et il fut formulé par les contemporains, témoins de la prodigieuse fortune d'un Ziâd et d'un aboû Bakra (12). Sur les trois " *dâhiat* „ célèbres du

(1) *Tabaq.* VIII 68, 7 ; elle établit à Tâif une fille issue de son premier mariage.

(2) Les négociations entamées par lui n'aboutirent pas. *'Iqd* II 58. Ses descendants épouseront des Thaqafites. *Tabaq.* VIII 346-47.

(3) *Khamîs* II 285 ; Tab. I 3472, 14.

(4) Mas'oûdî V 57. Les Omaiyades continueront à choisir des épouses à Tâif. Cfr Ibn Doraid, *Ichtiqâq* 49, 5 ; les Thaqafites sont les " *akhwâl* „ du pieux 'Omar II. *Tabaq.* V 250, 16.

(5) *'Iqd* II 153 ; compar. II 154, 10 a. d. l. *Ag.* XVI 39, 3 a. d. l. Le calife Wâlid II se vante également de descendre de Thaqîf. *Ag.* VI 103, 9 a. d. l.

(6) Une gratification de 10 000 dirhems fut la réponse à ce distique. *'Iqd* I 119, 11 : preuve qu'on l'avait goûté, et qu'on ignorait alors les bruits fâcheux répandus depuis sur l'origine de Thaqîf. Avant Farazdaq, un autre poète avait déjà loué une fille d'aboû Sofiân de sa parenté avec cette tribu. *Ag.* III 105, en bas. Comme les Iraqains eux-mêmes en conviennent, on ne peut reprocher à Hadjâdj son origine. *'Iqd* II 187, 2 a. d. l.

(7) Comp. références données plus haut.

(8) Balâdhori 56, 7 ; Yâqoût III 500 ; *Khamîs* II 137.

(9) Parce que, disait-on, ils se nourrissaient habituellement de pain de froment. *Ag.* XII 48-49 ; *'Iqd* I 211, 8.

(10) Comp. la réponse de 'Oyaina ibn Hosn (Tabari I 1674) un type, demeuré légendaire, de rusticité bédouine. *'Iqd* III 308, 6. Sa famille comptait parmi les plus illustres de l'Arabie. *Ag.* XVII 105 (ad finem).

(11) Djâhiz, *Avares* 169, 10.

(12) Ce dernier, un des plus grands propriétaires fonciers de Basra.

règne de Mo'âwia, deux (1) sont originaires de Tâif. La connaissance (2) de l'écriture (3) y était encore plus répandue qu'à la Mecque, grâce aux écoles qu'on y entretenait (4). Elles conservèrent leur réputation jusque sous la dynastie des 'Abbassides (5). Le plus ancien grammairien arabe connu est le thaqafite 'Isâ ibn 'Omar († 154 770) (6). C'est également à Tâif qu'on rencontrait les médecins les plus célèbres de l'ancienne Arabie (7). Les habitants se distinguaient de même dans la poésie, qualité rarement reconnue aux citadins de la Péninsule (8). L'exception établie en faveur de Médine par les critiques arabes leur a été inspirée par des préoccupations religieuses. Seule, la musique paraît n'avoir pas été cultivée, comme dans les deux grandes cités du Hidjâz : on la tolérait seulement aux lamentations funèbres (9). Les poètes thaqafites se distinguent également par une plus grande réserve méritant d'être relevée au milieu de la licence générale du Parnasse arabe. S'ils chantent le vin avec ferveur, on ne rencontre parmi eux, ni un Ahwas ni un 'Omar ibn abî Rabî'a (10). Pendant le premier siècle de l'Islam, l'*Aghâni* (VI 24, en bas) ne signale à Tâif qu'un seul poète érotique. Encore le " *nasîb* " (11) se pré-

(1) Moghîra et Ziâd.

(2) Un autre talent, celui de torturer avec art les prisonniers de guerre, est signalé *Ag.* X 20, ad finem ; 33.

(3) Elle est vantée par leur poète Omaiya. Cfr ibn Hichâm, 32. Voir aussi une remarque du calife 'Othmân, citée dans Nöldeke, *Geschichte des Qorâns* 236.

(4) Le célèbre Hadjâdj appartenait à une génération de maîtres d'école, *Kâmil*, 290-291 ; *'Iqd* III 7, 2. Cfr Périer, *op. cit.*, 6. Qotaiba, *Poesis* 206, 14. Ibn Rosteh 216, 13, 22.

(5) *Ag.* IX 49, 2 et 3.

(6) Comp. Brockelmann' *Geschichte der arab. Litteratur* I 99, lequel assigne comme date de sa mort 149 766.

(7) *'Iqd* III, 2 ; 414 ; ibn Khallikân I 357. *Ag.* XI 102, 6 ; *Tabaq.* III¹ 104 5 ; V 372, 1.

(8) Baihaqi 457, 9 ; *Ag.* III 187, IV 3. La raison de cet exclusivisme est donnée *Ag.* II 18, ad fin. — En réalité " dans les villes on était trop plongé dans des préoccupations mercantiles pour que jamais une littérature en dût venir " (Cl. Huart, *Littérat. arabe*, 5). Hamdâni 134, 7 fait des réserves sur la pureté du dialecte arabe de Tâif ; elles détonnent sous la plume de ce géographe yéménite au style heurté.

(9) *Ag.* I 99.

(10) On reprochait aux Thaqafites d'être grands dépensiers. Djâhiz, *Avares*, 169, 8.

(11) La partie amoureuse de la *qasîda* arabe.

sente-t-il chez lui comme une concession, parfois burlesque, aux formes " hiératiques „ (1) de l'ancienne poésie arabe.

III

Cet ensemble de circonstances heureuses nous permet de comprendre pourquoi, pendant la période omaiyade, aucune autre tribu arabe, pas même celle de Qoraich, ne produisit un aussi grand nombre d'hommes remarquables : Moghîra, Ziâd, 'Obaidallah, Hadjâdj... Ajoutons-y le fameux Mokhtâr, type étrange de révolutionnaire illuminé. Les relations incessantes avec la famille des Omaiyades expliquent la décision avec laquelle les Thaqafites se déclarèrent, dès le début (2), pour les descendants d'aboû Sofiân, et aussi la faveur que leur témoignèrent généralement les califes syriens, jusqu'à admettre dans les rangs de leur famille des *halîf*, et même des *maula* de Tâif (3).

Cette faveur, et encore plus les services rendus par les Thaqafites à la dynastie syrienne (4) devaient provoquer une réaction de la tradition anti-omaiyade. Elle voulut faire expier à ces " *homines novi* „ leur extraordinaire fortune, les punir d'avoir eu trop de talent. Il faut également tenir compte des rancunes (5) amassées par les hommes d'État omaiyades. Sans parler de l'imposteur Mokhtâr, justement honni, 'Obaidallah déploya parfois une véritable brutalité dans son zèle pour le maintien de l'ordre. Son entêtement amena la catastrophe de Karbalâ, et fournit une ample matière au drame de la " Semaine Sainte „ des Chi'ites (6). Si Hadjâdj ne fut pas le tyran décrit

(1) Sur lesquelles le premier, je crois Winckler, a attiré l'attention. M. V. A. G., 1901, *Arabisch-Orientalisch-Semitisch.*

(2) Leur désir de voir le califat se perpétuer au sein des banoû Omaiya les fait sortir du camp de 'Aicha avant la bataille du Chameau. Tabari I 3, 103-4. Contre leur hégémonie, ils n'éprouvaient ni les répugnances des Ansâriens, ni la jalousie des grandes familles mecquoises.

(3) Cfr ibn Hadjâr I 51 n° 80 et autres références données plus haut. Au neveu de Mo'âwia, les Omaiyades reprochent pourtant d'avoir eu un père thaqafite *Ag.* XIII 43, en bas. Mo'âwia lui refuse une de ses filles. *Ag.* XIII 34, en bas. Même reproche à Marwân au sujet de sa mère, originaire de Tâif. *Ag.* XVI 91.

(4) Les 'Abbassides séviront contre tous les amis des Omaiyades; de là leurs mesures contre les descendants de 'Amrou ibn al 'Asi. *Ag.* X 164, 2 a. d. l. Cfr Baihaqi 529.

(5) Comp. les " *khotba* „ provocantes de Hadjâdj dans *'Iqd* II 187-91.

(6) Voir la description dans ZEITSCHRIFT FÜR ASSYRIOLOGIE, IX 280, etc.

par les écrivains 'alides et 'abbassides, il eut le tort d'être constamment un justicier implacable. Il lui manqua, non l'énergie, mais le prestige, et les autres qualités éminentes de Ziâd toujours maître de lui-même jusqu'à produire l'illusion du "*hilm*" (1).

Or, dans cette jalouse (2) et vindicative société arabe, dont la loi du "*thâr*" (3) forme une des bases, les rancunes vont s'accumulant. Quand la chute des Omaiyades leur permit de s'exhaler impunément, les descendants des hommes d'État thaqafites avaient disparu dans la tempête (4) balayant le trône des califes syriens. Ne pouvant se venger sur leur personne, la réaction voulut prendre sa revanche en s'acharnant sur leur mémoire. Recourant à son arme habituelle, la calomnie, elle s'est efforcée de mettre la ville de Tâif et la tribu de Thaqîf au ban de l'histoire. Elle accumule les crimes sur le passé des ancêtres de Thaqîf et les déclare étrangers à la race arabe (5). Si elle les rattache au peuple de Thamoûd (6), exterminé par Allah, aux traîtres qui guidèrent la marche des Abyssins vers la Mecque (7), c'est pour insinuer que, descendus de cette race maudite, les 'Obaidallah, les Hadjâdj ont simplement continué les traditions d'impiété de leurs ancêtres et se sont montrés les dignes ministres des infidèles Omaiyades. Ne fait-on pas prédire à Mahomet que de Thaqîf sortiront un bourreau et un imposteur (8), prescrire aux bons Musulmans de détester cette tribu ? Malheureusement, en insérant dans le même "*hadith*" l'obligation d'aimer les Ansâr (9), le faussaire a trahi son origine médinoise.

(1) Cfr *Ag.* XI 123, en bas.

(2) " Les neuf dixièmes de l'envie appartiennent aux Arabes ; les autres nations se partagent le reste " ; ainsi s'exprime une tradition attribuée à Mahomet.

(3) La loi du sang, du talion.

(4) A l'exception peut-être de ceux de Ziâd ; voir comment les traitent les 'abbassides. Baihaqi 529.

(5) *Ag.* IV 76. Comp. vers d'aboû 'l-Aswad. Mas'oûdi V 159.

(6) *Ag.* IV 74-75.

(7) Consulter le monumental ouvrage du prince Léon Caetani, *Annali dell' Islam*, I 128-129. Nous profitons de cette occasion pour le signaler à l'attention des érudits, curieux de l'histoire de l'Islam primitif. Pour l'ampleur du plan, pour le nombre de questions nouvelles, résolument abordées, nous ne lui connaissons rien de pareil.

(8) *Ag.*, *loc. cit.* Mas'oudi V 25 ; ibn al-Athîr IV 294 ; *Tabaq.* VIII 185, 14-19. L'imposteur c'est Mokhtâr, le bourreau : Hadjâdj, 'Obaidallah ou Ziâd, au choix.

(9) *Ag.* IV 76, en bas. Cela n'a pas empêché 'Ali d'utiliser les services de Ziâd et de nombreux Thaqafites, et d'épouser une femme de Tâif.

En s'alliant à la race maudite — conduite imitée par les deux califes du nom de 'Omar, ces plus parfaites incarnations de l'idéal islamite, — le Prophète s'inscrira d'avance en faux contre cette façon d'écrire l'histoire. Il suffit de signaler ces traditions tendancieuses (1), le procédé étant suffisamment connu (2). Si l'étude sur la cité de Tâif démontre le caractère apocryphe et la date postérieure (3) de ces prophéties *post eventum* (4), la carrière des hommes d'État thaqafites, leur dévoûment sans bornes à la cause omaiyade (5), expliquent amplement les motifs de ces haines posthumes. L'acharnement des rancunes chi'ites et 'abbassides est le plus bel hommage rendu à leur activité administrative.

HENRI LAMMENS, S. J.

II

L'AGRANDISSEMENT DE LA LUNE A L'HORIZON

Peu de questions ont autant excité la curiosité que l'agrandissement apparent de la lune (et souvent aussi du soleil) à l'horizon. M. Claparède, qui l'a reprise récemment dans les ARCHIVES DE PSYCHOLOGIE (6), en donne une bibliographie qui ne contient pas moins de soixante-dix noms : le nôtre y figure pour un petit article paru dans la REVUE PHILOSOPHIQUE de 1888, 2e semestre. C'est dire que le sujet nous intéresse et que nous

(1) Déjà signalées par Goldziher, *Mohammedanische Studien* I 99-100.

(2) Il a été principalement mis en lumière par l'auteur des *Mohammedanische Studien*.

(3) Les " actes „ de la primitive église musulmane témoignent à Tâif un très vif intérêt, et la placent immédiatement après la Mecque et Médine.

(4) On les ignora, nous l'avons vu, pendant toute la durée de la période omaiyade. Avec les califes, les plus illustres familles recherchent les alliances thaqafites; et les poètes, interprètes de l'opinion publique, les célèbrent comme des titres de gloire. Le nom de 'Alî, à qui on les attribue (*Ag.* IV 74-75), en montre la provenance.

(5) Cette tendance est surtout visible dans le hadith, cité dans *Ag.* IV 76, 7 a. d. l.

(6) Octobre 1905.

avons lu avec beaucoup de curiosité l'étude d'un psychologue aussi pénétrant que le jeune professeur de l'Université de Genève.

Il donne d'abord un aperçu détaillé des théories proposées, en se servant notamment d'une étude publiée en 1903 par Reimann dans la ZEITSCHRIFT FÜR PSYCHOLOGIE. Nous ne l'y suivrons pas et ne parlerons que de la seule explication qui paraisse sérieuse en dehors de celle qu'a imaginée M. Claparède (1). Cette explication consiste à dire que la lune voisine de l'horizon présente un éloignement apparent plus grand que lorsqu'elle est élevée dans le ciel et que, étant vue sous le même angle, elle paraît forcément plus grosse.

Ce plus grand éloignement près de l'horizon peut s'expliquer de différentes façons, par l'interposition d'objets, par la perspective aérienne, par la forme du ciel, toutes causes du reste qui peuvent coopérer et jouer, selon les cas, un rôle plus ou moins important. Mais voici que M. Claparède, après avoir reconnu que cette explication est très tentante, prétend la ruiner radicalement par la simple constatation de ce fait que la lune ne paraîtrait pas plus éloignée, mais au contraire beaucoup plus rapprochée lorsqu'elle se lève, et de même le soleil lorsqu'il se couche.

Frappé personnellement de cette proximité apparente, il a ouvert une enquête : sur vingt-six personnes, vingt-cinq ont déclaré que la lune leur paraissait plus rapprochée à son lever. Quelques-unes ajoutèrent : " C'est certain qu'on la voit plus rapprochée, puisqu'elle semble plus grosse ; c'est justement parce qu'elle nous paraît plus près que nous la voyons plus grosse ! "

Une autre enquête faite par Zoth sur une centaine de personnes n'a donné que trois témoignages contre la plus grande proximité à l'horizon, et encore ces trois personnes déclaraient-elles ne pouvoir répondre.

Voilà donc un fait qui paraît bien acquis et qui, de prime abord, semble ruiner de fond en comble l'explication de la grosseur par l'éloignement apparent. Avant de discuter la portée réelle de cette réfutation, remarquons que, selon la réflexion de M. Claparède, il semble que seuls les auteurs auto-suggestionnés par la théorie croient voir la lune plus loin à l'horizon, et ce

(1) On verra cependant plus loin qu'il en est une autre qui complète heureusement celle-ci.

serait un bel exemple d'auto-suggestion se renouvelant depuis Ptolémée, qui a fondé cette théorie (1) !

En critique sérieux. M. Claparède ne se hâte pas trop de triompher. Si l'on veut, dit-il, conserver la théorie de l'éloignement apparent, il faut admettre qu'on fait les deux jugements superposés suivants : 1° la lune est plus éloignée, donc elle est plus grosse ; 2° la lune est plus grosse, donc (sachant que sa grosseur est invariable) je la suppose située plus près. " Dans la première de ces inférences (qu'on pourrait appeler *primaire)*, le jugement d'éloignement serait subconscient et résulterait de fonctions innées ; dans la seconde (inférence *secondaire*), le jugement de proximité serait conscient et reposerait sur des notions acquises. „ C'est bien ainsi, nous l'avons vu, qu'apparaît le jugement de proximité chez plusieurs des personnes interrogées par M. Claparède, et de fait rien de plus naturel que cette superposition de jugements quasi contradictoires sur des plans de conscience différents.

Mais M. Claparède objecte que, chez lui, le sentiment de la proximité de la lune à son lever est *immédiat,* précède même l'impression de grosseur. Il faudrait donc admettre que ces deux inférences contradictoires peuvent avoir lieu au même instant dans un même esprit. Or il a fait une expérience qui semble indiquer la possibilité de cette étrange simultanéité. Prenant soit deux vues stéréoscopiques, soit deux pains à cacheter collés sur une vitre, il en opère la fusion tantôt par convergence et tantôt par divergence ; on sait que, dans le cas de la convergence, la théorie veut qu'on voie l'image plus proche que le plan contenant les objets, et qu'on la voie plus loin dans le cas de la divergence : d'où il doit résulter qu'elle paraisse plus petite dans le premier cas et plus grande dans le second.

Or, quand M. Claparède compare la situation apparente de l'image au plan des objets, il constate toujours la vérification de la théorie ; mais, s'il compare *entre elles* les deux images résultantes sous le rapport de leurs distances, il constate que parfois l'image résultante par convergence paraît située plus loin que l'image par divergence, ce qui tient évidemment à son rapetissement.

Cette expérience est extrêmement curieuse (2), car ici l'infé-

(1) Nous sommes à ranger parmi ces auteurs auto-suggestionnés, bien qu'il nous ait toujours manqué un sentiment bien net de la distance de la lune haut dans le ciel.

(2) Nous aurions vivement désiré la répéter; mais malheureusement,

rence secondaire l'emporte, non sur une simple inférence primaire, mais sur une vision véritable : le cas diffère de celui de la lune et est beaucoup plus caractéristique. Il convient d'autant plus d'y insister que M. Claparède ne paraît pas l'avoir remarqué. La lune est à une distance pratiquement infinie, et ses images sur la rétine ne diffèrent pas, quelle que soit sa position dans le ciel (1) : ce n'est donc bien que par une inférence, reposant sur telle ou telle suggestion, que nous la voyons plus éloignée ou plus voisine à l'horizon, tandis que, dans l'expérience des deux fusions, il y a réelle vision à des distances différentes, et c'est cette vision réelle que doit vaincre l'inférence secondaire provoquée par l'inférence primaire qu'occasionne la dite vision.

En résumé, et avec plus de précision, on peut distinguer quatre cas.

1° Si la lune est suggérée plus loin par la vue des objets terrestres ou la forme de la voûte céleste, il y a là une inférence réellement primaire, qui entraîne l'inférence secondaire de la grosseur, laquelle à son tour suggère (inférence tertiaire) la proximité de la lune ;

2° Si la proximité est perçue d'abord et antérieurement à la grosseur, comme M. Claparède croit l'avoir observé sur lui-même, on aurait une inférence primaire de proximité, puis une inférence secondaire de grosseur : les deux inférences ne sont pas de même ordre ;

3° Si grosseur et proximité sont suggérées simultanément, on est en présence de deux inférences secondaires contradictoires ;

4° Enfin, dans l'expérience des pains à cacheter fusionnés par divergence ou par convergence, on a une vision proprement dite victorieusement combattue par une inférence secondaire dérivant d'une inférence primaire suscitée par la vision elle-même. C'est le plus bel exemple qu'on puisse rêver, beaucoup plus caractéristique que le troisième cas où il y a deux inférences contradictoires dont les origines peuvent être indépendantes.

D'où nous pouvons conclure que les inférences les plus directement contradictoires sont compatibles et qu'il est impossible de ruiner par cette voie la théorie classique. Mais cela

si la fusion par divergence nous est très familière, nous ne réalisons qu'avec une extrême difficulté la fusion par convergence.

(1) Sous réserve de la réduction du diamètre vertical près de l'horizon.

n'empêche pas d'examiner avec grand intérêt la théorie que M. Claparède s'efforce de substituer à celle-ci.

Ainsi qu'il l'indique dans une note complémentaire, parue dans le numéro de janvier 1906 des ARCHIVES DE PSYCHOLOGIE, sa propre théorie a été précédée par une autre assez voisine et qu'on peut associer avec elle : il s'agit de la théorie de Lühr. " Lorsqu'on regarde la lune à l'horizon, remarque celui-ci, il ne tombe dans le champ visuel qu'une étroite bande de ciel sur laquelle se concentre l'attention ; par rapport à cette bande, la lune paraît beaucoup plus grande que la lune au zénith, qui se détache sur une étendue céleste considérable. „ Reimann objecte que le champ visuel a toujours la même étendue et que Lühr n'a pas le droit d'en négliger la partie terrestre. A quoi M. Claparède répond que, si la remarque est juste, il faut cependant ajouter que, si le champ visuel reste *physiologiquement* le même dans les deux cas, il ne l'est pas *psychologiquement*, l'étendue objective étant proportionnellement bien moindre dans la partie terrestre du champ visuel. D'où il résulte que, si Lühr a eu le tort de prétendre que la lune n'est comparée qu'au fond *céleste*, il est vrai que le champ total auquel elle est comparée a un contenu objectif et une valeur psychologique moindres quand elle est à l'horizon. Telle est la théorie du *contraste*.

Celle qui appartient en propre à M. Claparède est la théorie de l'*intérêt*, l'intérêt excité par la lune étant plus grand quand elle est près de l'horizon, parce qu'alors on a le sentiment qu'elle est un objet terrestre. Il cite d'ailleurs une série de constatations montrant que, plus la lune produit ce sentiment et moins elle apparaît comme étant elle-même, plus elle donne le sentiment de l'énormité. Mais pourquoi grossissons-nous les objets terrestres ou paraissant tels ? C'est qu'ils présentent pour nous plus d'*intérêt*, répond M. Claparède, et il fait valoir d'ingénieuses considérations à l'appui de cette explication.

En terminant sa note complémentaire de janvier 1906, M. Claparède fait observer que le contraste et l'intérêt peuvent collaborer d'une façon directe, par l'effet du rétrécissement du champ visuel vraiment efficace sous l'influence de l'attention qu'excitent les astres à l'horizon, conformément à une remarque due à M. Larguier des Bancels.

Jusqu'ici nous nous sommes borné à résumer ; nous voudrions maintenant apporter une très modeste contribution à la discussion, et elle se trouve être favorable à la thèse de M. Claparède. On sait que le soleil subit, comme la lune, un grossissement

apparent à l'horizon, mais il nous semble qu'en général il est sensiblement moindre, ce que confirme le fait qu'on parle davantage du grossissement de la lune. Or, il est incontestable que le soleil ne prend guère l'apparence d'un objet terrestre : par l'illumination du ciel qu'il produit, il demeure l'astre par excellence et ne peut guère être pris pour le gros ballon que nous fait voir si souvent la lune à son lever. Dès lors il ne resterait à peu près plus dans ce cas que l'effet de contraste invoqué par Lühr, et par suite le grossissement doit être moindre.

G. Lechalas.

BIBLIOGRAPHIE

I

ENCYCLOPÉDIE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES PURES ET APPLIQUÉES. Édition française. Tome I, volume 4, fascicule 1 et volume 3, fascicule 1. Deux vol. in-8° de 160 et 96 pages. — Paris, Gauthier-Villars ; Leipzig, Teubner, 1906.

Nous avons indiqué (1) dans quel esprit avait été entreprise la publication de l'édition française de cette Encyclopédie ; nous n'avons pas à y revenir.

Le premier des nouveaux fascicules parus comprend :

1° Le *Calcul des probabilités* exposé d'après l'article allemand de E. Czuber, par J. Le Roux (46 pages) ;

2° Le *Calcul des différences* et son application à l'*Interpolation*, exposés d'après les articles allemands de D. Selivanov et J. Bauchinger, par H. Andoyer (114 pages).

Pour intéressantes qu'elles puissent être, les additions apportées, dans l'édition française, au premier de ces articles ne visent que des points de détail. Il convient de citer particulièrement celle qui a trait à la notion même de la probabilité et à la valeur, plus ou moins subjective, qu'il convient de lui attribuer, notamment d'après Laplace, Cournot, Poincaré.

Les additions au second article sont de bien plus grande étendue. L'application du calcul des différences à l'interpolation est de la plus haute importance pour l'étude mathématique des lois physiques et, particulièrement, de celles qui sont du domaine de l'astronomie. On peut même dire qu'à ce point de vue elle constitue une des pierres angulaires des mathéma-

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., t. LVIII, juillet 1905, p. 319.

tiques, lorsqu'il s'agit d'aller jusqu'aux calculs numériques qui ne peuvent être réalisés que par voie d'approximations poussées plus ou moins loin.

L'adaptateur français de cette partie de l'Encyclopédie qui, en raison de son enseignement astronomique à la Sorbonne, a été amené à approfondir ce genre de question, s'est donc trouvé à même d'enrichir l'exposé allemand, d'ailleurs fort intéressant par lui-même, du fruit de sa propre érudition. Ses additions fort nombreuses portent principalement sur les équations aux différences, les fonctions génératrices, la sommation des séries, les quadratures mécaniques, et il y a lieu de noter l'emploi constant qu'il y fait du calcul symbolique, si bien approprié à ce genre de question. L'exposé, au point où l'a mis M. Andoyer, est de nature à suffire à quiconque peut avoir à faire des applications numériques du calcul des différences ; il offre, à cet égard, un caractère de véritable utilité qui s'ajoute à l'intérêt très puissant qu'offrent les diverses parties de l'Encyclopédie prises dans leur ensemble.

Le second fascicule ici annoncé contient :

1° Les *Propositions élémentaires de la théorie des nombres* (c'est-à-dire celles qui concernent les nombres *entiers*, et plus particulièrement les nombres *naturels*, et qui peuvent être établies sans le secours de l'analyse transcendante), exposées d'après l'article allemand de P. Bachmann, par E. Maillet (75 pages) ;

2° Le début de la *Théorie arithmétique des formes*, exposée d'après l'article allemand de K. Th. Vahlen, par E. Cahen.

Le premier de ces articles offre, par rapport à l'édition allemande, de nombreuses additions, dues non seulement, à titre personnel, à l'adaptateur français, mais encore à P. Tannery (le numéro tout entier consacré aux *nombres aliquotaires)* et au directeur de l'édition française lui-même, M. J. Molk, dont la part contributive a trait surtout aux congruences de degré supérieur, aux nombres *parfaits* et *amiables*, enfin aux diverses espèces de *figures magiques* qui, pour n'être que de simples jeux de l'esprit, n'en présentent pas moins, au point de vue arithmétique, un très grand intérêt en raison de la difficulté des problèmes qu'elles ont soulevés et de la grande ingéniosité qui a été dépensée à leur solution.

Les quelques pages publiées de l'article dont le début a servi à compléter le fascicule en question, et qui a trait à un sujet d'une si haute importance, permettent de bien augurer, tant

sous le rapport de l'intérêt que sous celui de l'étendue, des compléments dont, sur ce terrain, va bénéficier l'édition française.

On ne saurait, à cette occasion, trop insister sur l'importance d'une œuvre dans laquelle, en une si heureuse harmonie, viennent s'ajouter aux qualités spéciales de l'érudition allemande celles de la française.

M. O.

II

SUR QUELQUES POINTS DU CALCUL FONCTIONNEL, par M. FRÉCHET. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris pour obtenir le grade de Docteur ès Sciences mathématiques. Un vol. in-4° de 74 pages. — Paris, 1906.

Lagrange et Euler définissaient la *fonction : ce qui a une expression analytique déterminée.* Cauchy et Riemann se trouvant à l'étroit dans la définition, l'élargirent : y est fonction de x quand, x étant *un nombre* choisi dans un ensemble, on lui fait correspondre un nombre déterminé y. Le mode de correspondance — qu'il soit ou non exprimable par des symboles d'opérations arithmétiques — est tout à fait quelconque pourvu qu'il soit défini. Les généralisations successives de cette définition s'obtiennent en y remplaçant les mots *un nombre*, par *un système de nombres, une suite infinie de nombres, une ligne, la forme d'une fonction ordinaire.*

La généralisation nouvelle, introduite par M. Fréchet, substitue au mot nombre le mot *un élément.* Nous sommes donc en présence de l'extrême généralisation de l'idée de fonction : la variable est un élément pris dans un ensemble d'objets de nature quelconque, abstraction faite de cette nature.

L'étude des fonctions considérées à ce point de vue est appelé *Calcul fonctionnel.*

Cette étude impose à l'auteur une généralisation de la théorie des ensembles linéaires, celle de la notion de limite, par exemple. On définira *comme on voudra* la limite d'une suite d'éléments $A, A_2 \ldots A_n \ldots$ pourvu que

1° la limite de la suite $A, A, A, \ldots$ soit A.

2° la limite de $A_1\ A_2 \ldots A_n$ étant A, la limite d'une suite d'éléments pris dans la suite $A_1\ A_2 \ldots A_n$ et dans le même ordre, soit

également A. D'où, ensembles dérivés, fermés, parfaits, compacts. D'où encore, continuité d'une fonction, définie par la relation

$$f(\lim A) = \lim f(A)$$

vérifiée quel que soit le mode de tendance à la limite. Définition de la convergence d'une série d'opérations.

Ces définitions mènent à la généralisation de presque tous les théorèmes sur les ensembles linéaires et sur les fonctions continues.

Une nouvelle notion, celle de voisinage, restreignant un peu, il est vrai, la généralité des ensembles considérés, permet d'étendre plus loin ces généralisations de théorèmes. La notion de voisinage est définie dans une classe de la manière suivante : On fait correspondre à tout groupe de deux éléments de la classe un nombre positif. Désignons-le par (A, B) pour les éléments A et B. Ce nombre jouit des propriétés suivantes :

1) $$(A, B) = (B, A)$$

2) Si A est identique à B, (A, B) est nul et réciproquement.

3) $(A, B) \leqq \epsilon$ et $(B, C) \leqq \epsilon$ entraînent $(A, C) \leqq f(\epsilon)$, $f(\epsilon)$ tendant vers zéro avec ϵ.

On dira que la suite $A_1 A_2 \ldots A_n \ldots$ a pour limite A si (A, A_n) tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$.

La limite ainsi définie est une limite au premier sens. L'inverse n'est pas vrai.

La continuité, on l'entrevoit, se définit également au moyen du voisinage.

Dans une seconde partie de sa thèse, M. Fréchet applique à des cas particuliers remarquables les théorèmes généraux de sa théorie : ensembles linéaires et fonctions d'une variable ; ensembles de fonctions continues et fonctionnelles ; ensembles de points dans les divers espaces ; fonctions holomorphes à l'intérieur d'une même aire ; ensembles de courbes continues et fonctions de lignes ; fonctions de surfaces.

Terminons ce trop court aperçu par une remarque de l'auteur : « En procédant ainsi (par la généralisation introduite) il arrive que certaines démonstrations sont rendues plus difficiles puisqu'on se prive d'une représentation plus concrète. Mais ce que l'on perd ainsi, on le regagne largement en se dispensant de répéter plusieurs fois sous des formes différentes les mêmes

raisonnements. On y gagne souvent aussi d'apercevoir plus nettement ce qui dans les démonstrations était véritablement essentiel et de les simplifier en les débarrassant de ce qui ne tenait qu'à la nature propre des éléments considérés. „

Aussi cet important mémoire constitue-t-il une heureuse synthèse des beaux travaux de MM. Le Roux, Volterra, Arzela, Hadamard, sur les fonctions généralisées. Il fait même plus que les résumer : il épuise en une fois toute la partie fondamentale de la théorie des fonctions généralisées particulières qu'on peut imaginer à l'infini.

F. W.

III

TRAITÉ DE TRIGONOMÉTRIE PLANE ET SPHÉRIQUE, par l'abbé E. GELIN, Dr. S. Th. et Ph., professeur de Mathématiques supérieures au Collège Saint-Quirin à Huy. Ouvrage couronné par l'Académie royale de Belgique; adopté et spécialement recommandé par le Conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen pour les classes supérieures de la section scientifique des Athénées et l'École militaire de Bruxelles. Deuxième édition. Un vol. in-8° de 288 pages. — Bruxelles, Schepens et Cie; Namur, Wesmael-Charlier; Huy, chez l'auteur, 1906. Prix : 5 francs.

SOMMAIRE. Introduction (pp. 5-7). Objet et division de la trigonométrie. L'auteur exclut de son livre les séries trigonométriques, les formules trigonométriques différentielles et les fonctions hyperboliques.

LIVRE I. *Théorie des lignes trigonométriques* (pp. 8-117). 1. Arcs de cercles positifs et négatifs. 2-5. Définitions et variations des lignes trigonométriques. 6-7. Réduction au premier quadrant. 8. Relations entre les lignes trigonométriques d'un même arc. 9-10. Formules relatives à l'addition des arcs (démonstration de proche en proche; démonstration de Cauchy; $\sin(a+b+c+\cdots)$; $\cos(a+b+c+\cdots)$; $\operatorname{tang}(a+b+c+\cdots)$. 11. Formules relatives à la multiplication des arcs, jusques et y compris celles qui donnent $\sin ma$, $\cos ma$ en fonction des puissances de $\sin a$, $\cos a$, et inversement. 12. Formules relatives à la division des arcs. 13. Lignes trigonométriques de 3 en 3 degrés

avec des dénominateurs rationalisés. 14. Construction des tables trigonométriques (sexagésimales ou centésimales, de dix en dix secondes). 15. Usage des tables avec de nombreux exemples traités complètement. 16. Rendre une formule calculable par logarithmes. 17. Vérification des identités trigonométriques (innombrables exemples). 18. Équations trigonométriques.

Livre II. *Trigonométrie rectiligne* (pp. 118-176). 1-2. Triangles rectangles. 3-5. Triangles quelconques. 6. Aire du triangle. 7. Cercle circonscrit, cercles inscrits. 8. Résolution des triangles quand les données ne sont pas toutes des angles ou des côtés. 9. Quadrilatère, inscrit ou non, trapèze. 10-12. Application de la trigonométrie à la mesure des hauteurs et des distances; applications géodésiques; nombreuses applications numériques sexagésimales ou centésimales.

Livre III. *Trigonométrie sphérique* (pp. 177-217). 1-4. Relations fondamentales et résolution des triangles. 5. Excès sphérique. 6. Cercle circonscrit, cercles inscrits. 7. Questions diverses. 8. Nombreuses applications numériques.

Livre IV. *Compléments de trigonométrie* (pp. 218-285). 1. Méthode des projections. 2. Exercices sur les lignes trigonométriques de l'arc de 3°. 3. Sommation des sinus et cosinus d'arcs en progression par différence. 4. Questions de maximums et de minimums (9 pages). 5. Valeurs limites de ($\sin x : x$), etc. 6-12. Expression trigonométrique des imaginaires; formules relatives à l'addition et à la multiplication des arcs; formules donnant $\cos ma$, $\sin ma$ en fonction de $\cos^m a$, $\sin^m a$, etc. et inversement; résolution des équations binômes; théorèmes de Moivre et de Côtes. 13-14. Polygones réguliers; polygone régulier de 17 côtés. 15. Résolution de l'équation cubique. 16. Les formules de la trigonométrie rectiligne comme limites de celles de la trigonométrie sphérique. 17. Questions diverses contenant, entre autres, un grand nombre de formules de la géométrie récente du triangle, relatives aux angles de Brocard, puis une cinquantaine d'exercices de trigonométrie.

Le *Traité de Trigonométrie* de M. l'abbé Gelin est très complet sur tous les sujets qu'il aborde; chaque point est exposé d'une manière logique, claire et concise. Mais il faut bien avouer qu'à cause de ses qualités même, le Traité est peut-être d'un usage assez difficile pour des commençants : ceux-ci feront bien de se servir plutôt du *Précis de trigonométrie rectiligne* de l'auteur, sous la direction d'un professeur expérimenté.

Voici quelques remarques relatives à des points spéciaux.

Dans le livre I, il eût été utile de représenter géométriquement les relations $y = \sin x$, $y = \operatorname{tang} x$, pour faire ressortir davantage que les lignes trigonométriques sont des *fonctions* de x; puis de prouver que ces fonctions sont continues. Dans le livre IV, il eût été avantageux d'introduire la notation e^{xi} pour représenter l'expression $\cos x + i \sin x$; cela aurait permis de simplifier les §§ 3, 6 et suivants. Bien entendu, cette addition eût entraîné l'introduction toute naturelle d'un aperçu de la théorie des fonctions hyperboliques, ce qui aurait augmenté la valeur du Traité. La formule approximative $x = \frac{3 \sin x}{2 + \cos x}$, si commode pour la résolution pratique des triangles rectangles, mériterait aussi une petite place dans le dernier livre.

P. M.

IV

MÉLANGES DE GÉOMÉTRIE A QUATRE DIMENSIONS, par E. JOUFFRET. Un vol. in-8° de XI-227 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES d'octobre 1903 (1), nous avons rendu compte du *Traité élémentaire de Géométrie à quatre dimensions* du colonel Jouffret. Depuis cette époque, la mort en a frappé l'auteur; mais il laissait, prêt à l'impression, un nouveau livre que nous devons à sa veuve de connaître aujourd'hui.

Comme l'indique son titre, ce livre n'a pas la régularité didactique du précédent, qu'il est du reste bon de connaître préalablement, bien qu'un *coup d'œil sur les principes* puisse en dispenser à la rigueur. Après une étude des trois premiers des six polyédroïdes réguliers, le colonel Jouffret aborde des questions de géométrie à trois dimensions dans le but de montrer qu'elles appellent, pour ainsi dire, la géométrie à quatre dimensions : ce sont l'hexagramme de Pascal et les surfaces du 3e degré.

L'hexagramme est la figure formée par six points dont trois quelconques ne soient pas en ligne droite et par les droites qui les joignent deux à deux. Or l'étude de l'hexagramme plan est

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., t. LIV, pp. 605-609.

grandement facilitée quand on le considère comme la projection d'un hexagramme dans l'espace, parce que sur le plan deux droites se coupent toujours, alors que leur intersection ne joue un rôle dans la figure de l'hexagramme que lorsqu'elles sont les projections de deux droites de l'espace qui se coupent : le meilleur moyen d'écarter les points inutiles est donc de remonter du plan dans l'espace (1). Mais il est encore préférable de remonter de là dans l'*étendue*, ou champ à quatre dimensions : comme l'a fait observer M. Richmond, la figure de quatre points dans le plan fournit à la géométrie de la droite une notion fondamentale, celle du *rapport anharmonique ;* la figure de cinq points dans l'espace fournit à la géométrie du plan, la notion également capitale de *deux triangles homologiques ;* la figure de six points dans l'étendue, ou *hexastigme*, fournit aux champs inférieurs la notion de l'*hexagramme*.

Enfin la partie purement mathématique de l'ouvrage se termine par l'étude des hypersurfaces du second degré, ou *hyperquadriques*, et par celle des *quartiques* ou surfaces du 4e degré produites par l'intersection de deux hyperquadriques. Il serait, notons-le, plus logique d'appeler hyperquartiques ces surfaces, puisque le nom de quartique appartient déjà à la courbe du 4e degré, intersection de deux quadriques dans l'espace.

Pour qui connaît la clarté et la conscience de composition des ouvrages du colonel Jouffret, il nous suffira de dire que celui-ci est digne des précédents. Mais, avant d'en arriver au chapitre final, traitant de la question de l'existence réelle de l'hyperespace, nous voudrions parler d'un point de terminologie qui nous paraît avoir une réelle importance. Déjà nous avions cherché une chicane de ce genre à l'auteur, et, dans une note de la page 163, il nous donne théoriquement raison (2) ; aujourd'hui la critique sera analogue, mais de portée plus générale.

Il est entendu que le sujet étudié est la géométrie à quatre dimensions euclidienne ; mais ce n'est pas là une raison pour adopter une terminologie se prêtant mal à une extension ultérieure. Le colonel Jouffret pose la droite, le plan, l'espace,

(1) Les surfaces du 3e degré servent à l'étude de l'hexagramme dans l'espace.

(2) Il s'agissait du terme " hypersphère „ qu'il applique à la sphère à trois dimensions, alors qu'il nous paraît préférable de le réserver aux surfaces isogènes à courbure négative de la géométrie de Lobatchefsky. Celles-ci étant hors de cause dans son livre, il a cru devoir conserver son vocabulaire précédent.

l'étendue, constituant autant de champs à une, deux, trois et quatre dimensions. On voit de suite qu'il n'y a de champs que là où la géodésique est la droite euclidienne, et en effet il n'y a aucun terme générique appliqué à ce que nous appellerions volontiers des espaces quelconques à *n* dimensions. Aussi ce qui a trois dimensions et n'a pas la droite euclidienne pour géodésique est-il appelé une hypersurface. Il y a là, semble-t-il, comme une sorte de crainte d'ouvrir la porte au langage de la géométrie générale. N'est-ce pas une crainte de ce genre encore qui a empêché l'auteur de compléter son étude sur l'hypersphère, selon son expression, pour laquelle il s'est borné à renvoyer à son *Traité élémentaire* ? On sait que, dans celui-ci, s'il a étudié notamment avec soin la mesure du contenant et du contenu, il s'est abstenu d'étudier toute cette géométrie propre de l'hypersphère qui n'est qu'un duplicata de la géométrie de Riemann, bien que ce soit un chapitre de la géométrie euclidienne à quatre dimensions.

Qu'on nous pardonne ces redites dictées par une de ces idées fixes, vulgairement dites marottes. Il nous reste à dire quelques mots de l'*existence* de l'hyperespace ; mais d'abord il convient de noter qu'en fidèle adepte des doctrines de M. Duhem le colonel Jouffret n'entend par existence que l'utilité d'un schéma (1).

A ce point de vue, le principal argument est emprunté à la stéréochimie des atomes à cinq valences : on ne peut que regretter que son exposé, très intéressant, soit un peu trop sommaire (2).

Mentionnons enfin les arguments de Zöllner, empruntés aux expériences du medium Slade qui fit disparaître un grain de blé enfermé dans une sphère de verre et le fit reparaître au dehors, et qui dénoua une corde scellée à ses deux bouts sur deux poteaux. Il est certain que, bien établies, de telles expériences constitueraient un argument de premier ordre.

G. LECHALAS.

(1) Il se hasarde cependant à noter que ce schéma ne se heurte à aucune contradiction et que rien n'empêche dès lors de lui attribuer une existence pareille à celle de notre espace.

(2) Nous avons au contraire trouvé un argument contre la quatrième dimension dans le fait qu'un acide tartrique donné conserve toujours son caractère, puisque, s'il subissait des mouvements dans un espace à quatre dimensions, ses molécules devraient y subir des retournements (voir REVUE PHILOSOPHIQUE de septembre 1901, p. 344).

V

Cours d'Astronomie, par Louis Maillard. Tome I. Un vol. in 4°, lithographié, de 243 pages. — Paris, A. Hermann.

Le *Cours* de M. L. Maillard est professé à la Faculté des sciences de l'Université de Lausanne. Il tient le milieu entre des leçons de Cosmographie, dont il suppose les premières notions, et un Traité d'astronomie mathématique, auquel il emprunte certains développements et en réserve d'autres, sans que la raison qui a déterminé le choix des matières soit toujours bien apparente. En pareil cas, on risque d'encourir le reproche : C'est trop et pas assez : mais en le formulant ici nous serions vraisemblablement injuste. Ce Cours, en effet, en suppose un autre qu'il prépare et qui le complète : M. Maillard y renvoie à maintes reprises ; il faudrait en connaître la teneur pour pouvoir porter un jugement d'ensemble.

A ne considérer que ce premier volume, le Cours de M. Maillard se distingue surtout des ouvrages similaires par l'abondance des données historiques, biographiques et bibliographiques, développées en marge des leçons techniques. L'auteur, qui a beaucoup lu, se complaît manifestement à faire bénéficier des trésors de son érudition les lecteurs curieux d'autre chose que de sèches descriptions et d'arides calculs. C'est pour eux qu'il a écrit une bonne partie de son livre, la plupart des notes et l'*Aperçu historique* qui lui sert d'introduction ; il y retrace, en quelques pages, l'histoire des origines et des étapes successives de l'astronomie ancienne et de l'astronomie moderne. Les sources où il a puisé sont excellentes ; aussi cet *aperçu* vaut-il mieux que beaucoup d'autres, trop souvent mal renseignés.

Le Cours se divise en deux parties : la première est consacrée à l'*Astronomie sphérique*, la seconde à l'*Astronomie descriptive* et à l'*Astrophysique*. Le tome I comprend la première partie et le premier chapitre de la seconde. Nous allons le parcourir rapidement.

Le chapitre premier traite des méthodes générales de calcul : mesure des angles et des arcs ; trigonométrie sphérique : formules fondamentales, parmi lesquelles celles relatives aux triangles rectangles, avec la règle mnémotechnique de Neper ; théorème de Legendre sur l'assimilation approchée d'un triangle sphérique à un triangle rectiligne ; formules différentielles ;

notions très sommaires sur la méthode des moindres carrés. — Un paragraphe sur les constructions graphiques eût été ici à sa place, et on eût loué l'auteur d'en recommander l'usage et d'en expliquer l'emploi sur quelques exemples concrets.

On aborde, au chapitre II, la description de la sphère céleste : mouvement diurne, définitions qui s'y rattachent, groupement des étoiles en constellations, etc. Une carte des constellations principales de l'hémisphère nord, avec alignements, complète les indications du texte.

Les coordonnées horizontales, horaires, équatoriales, écliptiques sont définies au chapitre III, qui se termine par l'établissement et la vérification des lois du mouvement diurne. — Au chapitre précédent l'auteur avait écrit : " nous démontrerons que la rotation diurne est uniforme ". C'est beaucoup dire. On ne démontre pas, à parler en toute rigueur, l'uniformité de la rotation apparente de la sphère céleste, puisque la marche des pendules à laquelle on la compare est, en définitive, contrôlée par celle des étoiles. Il n'eût peut-être pas été inutile d'en faire la remarque.

L'étude de l'atmosphère et du rôle qu'elle joue dans les observations astronomiques, fait l'objet du chapitre IV ; ici les renseignements surérogatoires abondent. On décrit les méthodes d'exploration de l'atmosphère ; on résume ce qu'elles nous ont appris des variations de la température et de la pression avec la latitude et l'altitude ; on établit la formule barométrique de Laplace, on soumet à la critique les hypothèses sur lesquelles elle repose et les résultats auxquels elle conduit, etc. Les différents moyens dont nous disposons pour fixer approximativement la hauteur de l'atmosphère sont signalés, et on nous donne, des recherches qui ont porté sur sa couleur et sa composition chimique, un résumé très bien au point. Toutefois, la partie principale de ce chapitre est celle qui traite de la *réfraction*. Ici encore M. Maillard remonte aux origines et suit, dans l'exposé des lois de la réfraction simple, l'ordre historique : même surabondance de détails intéressants dans ces quelques pages qu'on lirait volontiers dans un traité de physique. Il aborde enfin la réfraction astronomique dont il établit l'équation différentielle. Son intégration exige la connaissance, qui nous manque, des relations qui relient entre elles, sur le parcours des rayons lumineux, les caractéristiques physiques (température, densité, ...) des couches d'air traversées : on y supplée par des hypothèses. Leur choix, inspiré par des lois physiques connues, est limité

par les exigences du calcul : il reste arbitraire, dans une certaine mesure, et fournit toute une série de théories apparentées qu'il faut soumettre au contrôle de l'observation. Aucune n'est absolument satisfaisante pour des observations faites très près de l'horizon. Par contre, toutes conviennent pour des distances zénithales inférieures à 75°. Jusque-là, la réfraction est donc pratiquement indépendante de la constitution physique de l'atmosphère. L'auteur signale quelques-unes de ces théories et achève son calcul en partant de l'hypothèse de Bouguer.

Le chapitre V est consacré aux corrections de la parallaxe et de l'aberration. Il y est traité successivement des parallaxes des astres du système solaire ; des parallaxes des étoiles et des méthodes employées pour les mesurer (détermination des positions absolues, procédé photographique) ; de la détermination astronomique de la vitesse de la lumière, et de l'aberration des étoiles.

L'étude des instruments et des méthodes d'observation est faite au chapitre VI. Parmi les instruments, les uns (gnomon, cadrans solaires,... pendules, chronomètres) ont pour but la mesure du temps ; avec les autres (instruments à pinnules, sextant, télescopes, héliostat, sidérostat, lunettes, héliomètre, instruments méridiens, zénithaux et équatoriaux), les lignes de visée sont précisées, la puissance de l'œil est augmentée et la mesure des angles rendue plus rigoureuse. — L'exposé est surtout descriptif et historique ; il ne comprend pas la théorie des instruments d'optique, et on n'y trouve pas non plus celle du niveau à bulle. Les méthodes d'observation portent sur la détermination du méridien : observations de la Polaire, méthode des hauteurs correspondantes et des digressions des circompolaires ; et sur la mesure des déclinaisons, des angles horaires et des ascensions droites.

Quelques exercices sont proposés à la fin de chacun de ces chapitres ou des paragraphes principaux, et on y a joint, très souvent, une liste d'ouvrages à consulter.

La seconde partie, *Astronomie descriptive et Astrophysique* comprendra : La Terre, le Soleil, la Lune, le Système planétaire, les Planètes, les Comètes et les Étoiles filantes ; les Étoiles, les Nébuleuses et les Hypothèses cosmogoniques. De cet ensemble, le premier chapitre seul, intitulé *La Terre*, fait partie du tome I.

On y rappelle les preuves ordinaires de sa sphéricité en y joignant celle que Charles Dufour a tirée de l'observation —

bien rarement possible — des images réfléchies à la surface d'une nappe d'eau de grande étendue, absolument calme — formant un miroir sphérique convexe — et en l'absence de toute réfraction anormale. Viennent ensuite les définitions des coordonnées géographiques et de brèves indications sur la détermination de la latitude et de la longitude. Elles sont suivies de notions sur la navigation astronomique. On y trouve l'explication de la méthode du Capitaine Sumner pour la détermination du point : toute observation d'une hauteur d'astre, à un instant quelconque, conduit à la détermination d'un petit cercle *(cercle de hauteur)* sur lequel se trouve l'observateur, et dont le chronomètre fixe le centre et le sextant le rayon. La construction des cartes géographiques n'est pas abordée, mais la géodésie est bien partagée : Historique intéressant, triangulation, nivellement; triangulation et nivellement de la Suisse. Les recherches relatives à la direction et à l'intensité de la pesanteur, et les résultats généraux qu'elles ont fournis, sont largement exposés ; on y a joint quelques indications sur le problème de la variation des latitudes.

Ici l'auteur élargit son sujet, et aborde, en géologue, la constitution interne de la Terre : ères géologiques, géothermie, séismes et volcanisme. Aux théories du volcanisme et des séismes sont liées les hypothèses de la déformation polyédrique, des soulèvements et des affaissements de l'écorce terrestre : M. Maillard en donne un bon résumé. Il le fait suivre d'un exposé, très bien renseigné, des recherches relatives à la densité moyenne de la Terre. Le dernier paragraphe est consacré à la rotation de la Terre. Les preuves qu'il expose sont celles que fournissent la forme aplatie du globe, la déviation vers l'est des corps tombant en chute libre (théorie et observations), le mouvement sur un plan horizontal, les expériences de Foucault et celles qu'elles ont provoquées (pendule et gyroscopes), les courants fluviaux et marins, et les courants atmosphériques.

On voit assez, par ces brèves indications, que l'ouvrage de M. Maillard est moins le développement méthodique d'un programme d'examen imposé à de futurs astronomes, qu'un livre de culture générale, écrit avec clarté, que tous les élèves des Facultés de sciences physiques étudieront avec profit, et qui par sa documentation très variée et de bon aloi intéressera tout homme instruit, curieux de données précises sur l'histoire de l'astronomie, de ses instruments, de ses méthodes et de ses conquêtes.

J. T.

VI

ELEMENTI DI ASTRONOMIA ad uso delle Scuole e per Istruzione privata, compilati dal P. ADOLFO MÜLLER d. C. d. G., professore di Astronomia nell' Università Gregoriana, Direttore dell' Osserv. Astron. sul Gianicolo. 2 vol. 12°. Vol. 1. Astrometria-Astromeccanica. 602 pages. 300 fig., 2 cartes (1904). Vol. 2. Astrofisica-Astrocronaca. 600 pages, 150 fig. (1906). — Rome, Desclée, Lefebvre et Cie.

Le R. P. Müller, bien connu par les articles scientifiques et historiques qu'il a publiés dans les MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES NUOVI LINCEI et dans diverses revues allemandes, vient de faire une œuvre utile et charitable en terminant la publication de son cours d'Astronomie. Ce cours, fruit de l'expérience que donne un long enseignement, se présente sous la forme de deux beaux volumes, fort bien imprimés et copieusement illustrés. Le but que l'auteur poursuivait était double : donner un traité classique d'astronomie qui pût servir à des professeurs, tout en permettant à des étudiants travaillant seuls de s'initier à cette science — puis montrer comment les progrès de l'astronomie, loin de nuire à la religion, tendent au contraire à apaiser le prétendu conflit entre la science et la foi, qui trouble tant d'âmes.

Pour atteindre le premier but, l'auteur s'est résigné à laisser de côté tous les calculs compliqués, s'astreignant à ne démontrer, dans les chapitres qui concernent l'astronomie sphérique, que les théorèmes indispensables. De cette façon le lecteur ordinaire ne se trouve pas rebuté, dès l'abord, et reste muni pourtant du bagage trigonométrique nécessaire, qu'il sera ensuite libre de compléter. L'écueil, dans un ouvrage élémentaire d'astronomie est la vulgarisation banale qui mêle, sans les distinguer, les données certaines avec les pures hypothèses. Grâce à l'ordre et à la méthode de l'auteur, cet écueil est ici fort heureusement évité.

Le second but que poursuivait le P. Müller était plus difficile à atteindre : faire de l'apologétique à propos de tout eût été ridicule ; dire la vérité est parfois bien délicat. Il s'agissait ici de montrer, incidemment, l'absence de toute contradiction entre les doctrines de l'Église et les données certaines de la Science, de revendiquer pour l'Église la gloire d'avoir concouru largement au progrès de l'esprit humain, et de rendre à des savants qui eurent le tort d'être prêtres ou religieux, le mérite de leurs

inventions et de leurs découvertes. L'auteur a fait tout cela d'une plume légère et courtoise, sans discussion, sans aigreur, par accumulation de faits, de textes, de dates précises. A ce point de vue, les notes bibliographiques et les documents justificatifs qui se pressent nombreux, au bas de presque chaque page, constituent une mine précieuse, en même temps qu'ils témoignent d'un souci d'exactitude et d'un travail de recherche considérables.

Le premier volume comprend l'astronomie sphérique et la mécanique céleste ; son principal mérite est d'être clair tout en restant élémentaire. Nous signalerons spécialement de nombreux et intéressants détails historiques sur les instruments astronomiques, et de nombreuses références à propos des divers systèmes planétaires et de la réforme du calendrier.

Le second volume est consacré presque tout entier à l'astrophysique. Les étonnants développements que cette science a pris depuis quelques années rendaient difficiles le choix et le classement des matériaux. L'auteur, grâce à d'heureuses divisions, est arrivé à mentionner et à suffisamment expliquer toutes les découvertes les plus importantes. Il rend compte des instruments et des méthodes successivement employés, dit ce qui revient de mérite à chacun des savants mentionnés, et surtout reconstitue bien les phases d'avance et de recul par lesquelles ont passé les différentes découvertes. Nous ne saurions trop louer cette méthode, adoptée si rarement dans les traités classiques, d'exposer la marche de la science d'une manière historique, telle qu'elle s'est effectuée dans le temps et l'espace : rien n'est aussi lumineux, parce que rien n'est plus vivant et plus humain. Le second volume du P. Müller acquiert, de par cette méthode, un intérêt continuellement soutenu qui le met bien au-dessus d'un livre d'étude ordinaire.

L'astrophysique est divisée en cinq parties. La première initie le lecteur aux instruments et aux méthodes photographiques, spectroscopiques et photométriques ; la seconde et la troisième traitent de la constitution physique des planètes ; la quatrième étudie les étoiles ; les découvertes récentes sur les étoiles variables y sont très nettement exposées. Une cinquième partie enfin résume nos notions sur les comètes, les étoiles filantes et la lumière zodiacale. L'ouvrage se termine par un chapitre sur l'origine et la structure du monde. Un appendice donne un *conspectus* général de l'histoire de l'astronomie.

A propos de l'exposé des systèmes cosmogoniques, qu'il nous soit permis de regretter de ne pas voir signalées, à la suite des

théories de Kant, Laplace et Faye, celles de M. l'abbé Moreux et du colonel du Ligondès, qu'il n'est plus guère permis d'ignorer.

Les deux volumes du P. Müller sont écrits en une langue souple et harmonieuse, rendue parfois légèrement oratoire par des réminiscences classiques et scripturaires, et pourtant sachant rester scientifique. Ce charme du style est bien fait pour attirer, plus nombreux encore, les lecteurs.

P. V.

VII

Observation, étude et prédiction des marées, par Rollet de l'Isle, ingénieur hydrographe en chef de la marine. Un vol. in-8° de 287 pages et 19 planches. — Paris, Imprimerie nationale, 1905.

Le problème des marées est un des plus beaux et des plus captivants de la Mécanique du globe; il a tenté les plus hauts génies mathématiques depuis Newton, qui, le premier, a saisi les causes principales du phénomène, jusqu'à Laplace, qui, par un prodigieux effort d'analyse, a su le réduire en formules, aujourd'hui encore utilisées pour en prédire les variations. La théorie mathématique qu'a ainsi édifiée l'illustre géomètre constitue un des chapitres les plus importants de la *Mécanique céleste*. Elle a, dans la période contemporaine, été développée, par divers géomètres dont les recherches ont été synthétisées par M. Maurice Lévy en un ouvrage fort savant, mais qui s'adresse plutôt aux mathématiciens (1). M. Rollet de l'Isle, qui dirige en France, avec une compétence incontestée, le service de la prédiction des marées, s'est proposé, sans rien négliger de ce que la théorie mathématique offre d'essentiel, de condenser, en un volume relativement peu étendu, toutes les notions qui, dans cet ordre de questions, intéressent la pratique. C'est ce volume que nous allons analyser; sans nulle banalité on peut affirmer qu'il est venu, au moins dans la littérature scientifique française, combler une lacune entre les exposés sommaires insuf-

(1) Analysé dans la Revue des Quest. scient., t. XLV, janvier 1899, p. 245.

fisants pour les spécialistes et les développements exclusivement théoriques qui ne s'adressent qu'aux seuls savants.

Comme ce sont, en somme, les données de l'observation qui dominent tout le sujet, M. Rollet de l'Isle débute très sagement par une description générale des divers modes d'observation, n'hésitant pas à entrer dans tous les détails pratiques dont son expérience personnelle lui a révélé l'utilité, notamment en ce qui concerne l'installation des échelles de marées et l'enregistrement des observations, et donnant une description très consciencieuse des différents appareils qui ont été mis en usage pour l'enregistrement automatique des variations du niveau de la mer; marégraphes à flotteur (Service hydrographique; Service des Ponts et Chaussées; U. S. Coast and Geodetic Survey; Indes Anglaises; marégraphe à mercure de Nakamura; etc.) et marégraphes à pression (Van Rysselberghe; Honda; Richard; Service maritime de la Gironde; Besson; Favé; Adolf Mensing), ces derniers pouvant servir à l'étude du phénomène par des fonds atteignant 150 ou 200 mètres.

Une fois connu l'outillage permettant d'observer, l'auteur décrit les phénomènes généraux mis en évidence par ces observations et entame l'étude des forces génératrices à l'intervention desquelles on en peut réduire l'explication mécanique. La corrélation évidente entre la grandeur et la périodicité du mouvement du niveau de la mer, d'une part, les positions relatives de la Terre, de la Lune et du Soleil, de l'autre, conduit à penser que le phénomène de la marée n'est que la conséquence d'une perturbation produite par ces deux derniers astres dans l'équilibre que prendrait la masse liquide qui recouvre la Terre si celle-ci était isolée dans l'espace. Le premier problème qui se pose consiste donc à étudier l'action d'un astre voisin de la Terre sur une particule libre à la surface de celle-ci. Après avoir formé le potentiel des forces résultant de l'action de l'astre (attraction exercée sur la particule et force d'inertie d'entraînement) en y introduisant la distance zénithale de l'astre, et l'avoir développé suivant les puissances de l'inverse de la distance, l'auteur se borne au terme principal (en tenant pour négligeable la quatrième puissance de la parallaxe) et discute les variations qui s'en déduisent pour les composantes verticale et horizontale de la force attractive. Cette première discussion suffit à montrer que les déplacements observés dans le phénomène des marées sont précisément de l'ordre de grandeur de ceux que doit entraîner, en vertu de cette explication mécanique, l'action combinée

de la Lune et du Soleil, et cela suffit pour fixer la cause principale du phénomène ; reste à en prédire les manifestations.

" La résolution de ce problème, dit M. Rollet de l'Isle, présente des difficultés de deux sortes : les premières viennent de l'inégale répartition de la masse liquide à la surface du globe, partagée en mers de forme et de dimensions différentes, de profondeurs variables et mal connues ; les secondes tiennent à ce que l'analyse est encore aujourd'hui impuissante à résoudre le problème même dans le cas le plus simple, celui d'un sphéroïde entièrement recouvert d'une couche liquide d'épaisseur uniforme. Mais, en se bornant au point de vue immédiatement pratique des prédictions, les principes que les tentatives théoriques faites pour le résoudre ont mis en lumière, sont devenus, grâce à des hypothèses que l'observation a vérifiées, les bases de méthodes qui donnent des résultats d'une étonnante précision. " Remarquons, en passant, que c'est là un des exemples les plus frappants de l'efficacité de la méthode mathématique dans le domaine des sciences physiques, alors même que les circonstances privent ses déductions d'un caractère d'entière rigueur. D'ailleurs, tout en faisant remarquer qu'il pourrait paraître suffisant de donner, sans démonstration, les formules qui servent de base aux méthodes de prédiction, l'auteur déclare qu'il lui a semblé préférable de montrer le lien, si relâché qu'il soit, qu'établissent les hypothèses admises entre les théories et les formules qu'il aura à appliquer, ce en quoi, pour notre part, nous estimons qu'il a eu grandement raison, car il n'est rien de si peu satisfaisant pour l'esprit que l'emploi de formules ne se rattachant à aucune conception théorique et apparaissant comme le fruit du pur arbitraire.

En premier lieu, il envisage la théorie donnée en 1687 par Newton dans ses *Principes de la Philosophie naturelle*, théorie dont nombre de gens ne possèdent que l'idée par trop sommaire qu'en donnent les ouvrages d'enseignement élémentaire. Elle suppose, comme on sait, que la couche liquide prend une figure momentanée d'équilibre (d'où son nom de théorie statique) mais avec un retard de trois heures environ (c'est-à-dire en prenant l'astre attirant dans la position qu'il occupait trois heures auparavant). En partant de l'expression du potentiel précédemment trouvée, l'auteur montre par un calcul simple comment cette hypothèse conduit, en première approximation, pour la surface d'équilibre des mers, à un ellipsoïde de révolution allongé dont l'axe passe par l'astre attirant.

Mais la théorie de Newton ne tient pas compte de la tendance qu'ont les molécules liquides sollicitées constamment vers une nouvelle position d'équilibre à la dépasser et à accomplir des oscillations réglées par les lois de la dynamique. C'est sous ce nouvel aspect que Laplace a envisagé le problème. Sa théorie (en raison de cela qualifiée de dynamique) passe à bon droit pour une des parties les plus ardues de la *Mécanique céleste*. Permettre au lecteur d'en pénétrer l'essence par un exposé clair et simple qui mette les grandes lignes en évidence, en écartant les détails analytiques au milieu desquels l'attention risque de s'égarer, telle est la tâche que s'est imposée M. Rollet de l'Isle et qu'il a réussi à mener à bonne fin. Admettant à titre de postulats les principes posés par Laplace touchant la périodicité des mouvements de la mer produits par une force perturbatrice périodique et la superposition des effets de plusieurs forces de cette nature, il fait voir comment l'expression du potentiel (où l'on introduit l'angle horaire et la distance polaire au lieu de la distance zénithale) comprend, pour chaque astre attirant, des termes de trois espèces, les uns variant lentement avec la distance polaire, les autres dépendant soit de l'angle horaire soit du double de cet angle.

De là également, dans l'expression générale de la marée, trois sortes de termes auxquelles correspondent les ondes à longue période, les ondes diurnes et les ondes semi-diurnes. C'est sur cette décomposition qu'est fondée la méthode de Laplace pour la prédiction des marées. Les constantes ainsi introduites étant, pour un lieu donné, déduites de l'observation, rien n'est, dès lors, plus facile que d'obtenir la hauteur de la mer en ce lieu à un instant quelconque ; mais ce qu'au point de vue pratique il importe surtout de connaître, ce sont les heures et les hauteurs des hautes et des basses mers, et là le problème se complique car il ne saurait être résolu que par approximations successives. L'auteur développe en détail cette solution dans le cas d'une marée semi-diurne seule (pratiquement, pour nous, riverains de l'Atlantique, le plus important) et recourt, pour en synthétiser la discussion, au moyen si parlant de la figuration géométrique (particulièrement élégante en ce qui concerne les variations des heures des pleines mers). Il montre ensuite comment il y a lieu d'en modifier les résultats pour tenir compte de la marée diurne. Si les amplitudes des deux marées sont comparables, la solution, dans le cas général, est absolument inextricable ; il faut, pour chaque cas rencontré dans la

pratique, recourir à des méthodes particulières; l'auteur indique celle que M. l'ingénieur hydrographe Héraud a employée avec succès pour les marées de Cochinchine. Sur nos côtes, l'influence de la marée semi-diurne étant, de beaucoup, prépondérante, l'application de la méthode de Laplace réussit particulièrement bien ; on néglige l'influence de la marée diurne sur les heures et on ne tient compte de son effet que sur les hauteurs.

Préalablement aux grands travaux de Laplace, Daniel Bernoulli, à l'occasion d'un concours ouvert en 1738 par l'Académie des Sciences de Paris, avait, en partant de la théorie de Newton, édifié une méthode qui, bien que d'une application restreinte, est loin de manquer de valeur puisqu'elle a servi de base à l'établissement, par Lubbock et Whewell, des tables anglaises de prédiction. M. Rollet de l'Isle en donne un résumé au cours duquel il remarque que Bernoulli, ce qui n'est pas un mince mérite, avait mis en évidence les notions relatives à l'âge de la marée, l'établissement du port, le coefficient et l'unité de hauteur, et il indique ensuite de quelle façon cette méthode a guidé les recherches empiriques de Lubbock et de Whewell d'où, comme nous venons de le dire, sont sorties les tables usitées en Angleterre.

Mais la méthode la plus féconde, celle dont l'application est la plus générale, est la méthode harmonique, qui résulte directement des principes posés par Laplace, mais qui n'a été explicitement formulée que beaucoup plus tard par Lord Kelvin en vue de surmonter les difficultés que soulevait le calcul des marées aux Indes. Théoriquement, elle consistait à rétablir dans le développement du potentiel, les termes que Laplace avait cru pouvoir négliger pour la marée de Brest en raison de la très notable prédominance, en ce point, de la marée semi-diurne. Pratiquement, elle se heurtait à la double difficulté de déterminer les coefficients et les phases de tous les termes périodiques intervenants et de reconstituer la hauteur du niveau par la somme de tous ces termes périodiques. Mais le génie, à la fois si profond et si pratique, de Lord Kelvin est parvenu à triompher de ces obstacles avec l'ingéniosité qui se retrouve dans toutes les inventions, si nombreuses et d'une si vaste portée, de l'illustre physicien et mathématicien anglais. La méthode harmonique peut d'ailleurs être aussi considérée comme la traduction analytique et la généralisation des anciennes méthodes de Lubbock et de Whewell. Mais, au point de vue mathématique, elle doit être surtout regardée comme une application — et l'une

des plus belles, à coup sûr, qui en aient été faites — de la fameuse formule de Fourier. Elle repose essentiellement sur le développement du potentiel en somme de termes périodiques à chacun desquels en correspond, dans le développement de la hauteur de la marée, un autre dont l'amplitude se déduit de celle du premier au moyen d'un certain facteur, la phase au moyen d'une certaine constante soustractive, dépendant l'un et l'autre des circonstances locales. Chacun des termes du second développement est considéré comme définissant une des ondes élémentaires dont la superposition produit la marée. La pratique a d'ailleurs permis de reconnaître que la reconstitution du phénomène était, en général, obtenue d'une façon largement suffisante au moyen de 14 ondes lunaires (8 semi-diurnes, 3 diurnes, 3 à longue période) et 6 solaires (3 semi-diurnes, 2 diurnes, 1 à longue période) qui toutes sont distinguées par une dénomination spéciale et désignées par une lettre qu'a consacrée l'usage. Il existe évidemment des relations entre les constantes introduites par l'analyse harmonique et celles que comporte la théorie de Laplace : âge de la marée, établissement du port, rapports des actions moyennes des deux astres, unité de hauteur, etc. Les principales sont mises en évidence par l'auteur.

Le calcul des marées de Brest présente une importance particulière non seulement parce que, depuis les belles recherches de Laplace, il sert de fondement à la prédiction du phénomène sur toutes les côtes françaises, mais encore parce qu'on en tire parti pour les autres points du globe où la méthode de Laplace est encore d'une application commode, c'est-à-dire où la marée semi-diurne est nettement prépondérante par rapport à la marée diurne. M. Rollet de l'Isle consacre donc un chapitre tout entier à la marée de Brest, faisant connaître en détail la méthode pratique que l'ingénieur hydrographe Chazallon a greffée, à ce propos, sur la belle théorie de Laplace.

Pour la prédiction de la marée en un point déterminé quelconque, la méthode de Laplace est, avons-nous dit, plutôt utilisable si la marée diurne est pratiquement négligeable auprès de la marée semi-diurne alors que la méthode harmonique est d'une application absolument générale ; mais comme celle-ci exige quinze jours au moins d'observations *continues*, que, d'autre part, la condition requise pour la validité de la première est fréquemment réalisée, l'auteur commence par l'exposer de façon très détaillée. Après avoir montré comment se déterminent

les caractéristiques de la marée semi-diurne, il développe les divers procédés permettant d'obtenir les prédictions ; le premier repose sur le calcul direct des formules, le second, où la géométrie vient très heureusement au secours du calcul, sur l'emploi de tableaux de concordance permettant de déduire soit les heures, soit les hauteurs des pleines mers de celles qui ont été obtenues directement pour un autre port ; l'auteur donne également quelques indications sur le procédé des annuaires anglais fondé sur l'emploi de certaines tables de corrections.

Lorsque les deux marées ont des grandeurs comparables, la méthode de Laplace ne reste efficace que dans des cas extrêmement rares (comme celui des mers de Cochinchine) alors que la méthode harmonique permet de résoudre le problème d'une façon absolument générale pourvu toutefois que l'on dispose d'observations préalables suffisamment longues et précises. Il s'agit, en effet, tout d'abord, d'effectuer l'analyse harmonique de la courbe de marées relevée pendant un certain temps de façon à déterminer les ondes élémentaires qui, par leur superposition, produisent l'onde marée. Cette analyse harmonique comporte divers procédés que l'auteur décrit en détail, et notamment celui de M. Darwin qui s'est, comme on sait, fait une spécialité de ce genre d'étude. Pour l'opération inverse consistant, par sommation des ondes élémentaires, à prévoir la hauteur de la marée pour un instant quelconque, Lord Kelvin a imaginé, sous le nom de *Tide predictor*, une solution mécanique extrêmement élégante, que rapporte l'auteur et sans le secours de laquelle l'opération fût restée tout à fait impraticable. Un exemplaire de la machine de Lord Kelvin fonctionne au Service hydrographique de Paris où elle sert à calculer les annuaires des colonies françaises des mers de Chine et de l'Océan Indien. Une variante de cette machine, due à M. Roberts, fonctionne aussi à l'India Office de Londres, pour le calcul des marées des Indes anglaises. On obtient par ce procédé une prédiction complète de la marée, c'est-à-dire la hauteur à un instant quelconque. Or, en pratique, ce sont surtout les pleines et les basses mers qu'il importe de connaître : ce renseignement se déduit bien évidemment de la courbe tracée par la machine de Lord Kelvin ; mais on peut l'atteindre directement sans recourir à une détermination aussi complète. L'auteur décrit, à ce sujet, la machine simplifiée imaginée en 1880 par M. Ferrel et qui fonctionne depuis 1882 à Washington pour les besoins du *Coast and Geodetic Survey*. Il donne aussi, pour le cas où la marée diurne a une amplitude

très petite relativement à la marée semi-diurne, le procédé de calcul de M. Darwin, fondé sur l'emploi des éléments que fournit l'analyse harmonique.

On peut enfin se proposer de calculer, à défaut d'un annuaire, une pleine ou une basse mer isolée. Pour ce problème M. Rollet de l'Isle indique plusieurs solutions dont l'une lui appartient en propre. Il fait voir enfin comment, dans le cas où l'on ne dispose que d'observations incomplètes (soit de moins d'une année d'observations de pleines et basses mers, s'il s'agit de la méthode de Laplace, de moins de quinze jours d'observations continues, s'il s'agit de la méthode harmonique), comment on peut néanmoins les utiliser en vue de la réduction des sondes d'un lever hydrographique.

Le phénomène des marées intéresse, en effet, particulièrement l'hydrographe pour la détermination de ce qu'on appelle le niveau de réduction des sondes, à partir duquel sont prises les cotes portées sur la carte des abords d'un littoral. Le niveau adopté, à cet effet, en France est celui le plus bas que la mer puisse théoriquement atteindre afin qu'en tout point le navigateur trouve en tout temps au moins autant d'eau qu'en indique la cote portée sur la carte. En Angleterre, on se borne à prendre le niveau des basses mers de vives eaux moyennes (qui, de fait, est rarement dépassé) afin de ne pas induire le navigateur en une défiance exagérée pour la plus grande part du temps, quitte à appeler son attention sur les précautions qu'il doit prendre aux époques de plus grand abaissement de la surface de la mer. L'auteur indique, pour les divers cas qu'offre la pratique, la façon dont on peut procéder à cette détermination.

Son ouvrage, sans négliger le côté scientifique de la question (en tant, tout au moins, qu'il intéresse les applications) visant, avant tout, un but technique, M. Rollet de l'Isle consacre un chapitre aux renseignements donnés dans les annuaires et sur les cartes, publiés surtout en France et en Angleterre, indiquant, de façon détaillée, comment il convient de s'en servir pour résoudre les problèmes courants de la pratique.

Pour la détermination du niveau moyen, qui intéresse particulièrement les opérations de nivellement géodésique, il décrit le marégraphe totalisateur de M. Reitz, qui conduit au résultat de façon purement automatique, ainsi que le médimarémètre de M. Lallemand qui, bien qu'exigeant une opération graphique complémentaire (fort simple, à la vérité, et susceptible d'être

effectuée au moyen d'un intégrateur), a l'avantage d'un établissement beaucoup plus facile et moins dispendieux.

Le phénomène des marées à l'embouchure des fleuves, où il se complique notablement du fait de la configuration des rives et des fonds entre lesquels il s'insère, offre un intérêt spécial tant pour la navigation que pour les travaux publics. M. Rollet de l'Isle, sans s'appesantir sur les théories encore assez flottantes en lesquelles on s'est efforcé de synthétiser cet ensemble fort complexe de faits, se borne à étudier les manifestations du phénomène et à tirer des résultats de cette étude les conséquences pratiques qu'ils comportent. Il s'inspire d'ailleurs, pour cet exposé, des remarquables travaux des ingénieurs des Ponts et Chaussées Comoy et Bourdelles, de même que, pour la solution du *problème des routes*, qui se pose aux navigateurs en ces parages, il utilise les importantes recherches de l'ingénieur hydrographe Manen. Il dit enfin quelques mots du mascaret, qui constitue la particularité la plus frappante des marées fluviales, mais sans insister sur les explications assez hypothétiques qui en ont été données par divers ingénieurs et dont la plus satisfaisante semble être celle qui a été proposée par M. Bazin.

Un non moindre intérêt s'attache à l'étude, fort complexe aussi, des courants de marée dont l'allure normale, telle qu'elle résulterait des seules influences astronomiques, peut être profondément modifiée par les circonstances locales. " L'étude des courants de marée sur les côtes, dit l'auteur, a une très grande importance, tant au point de vue de la navigation qui, dans certains chenaux, peut être arrêtée ou facilitée par ces courants, qu'au point de vue de l'amélioration ou de la construction des ports à établir sur ces côtes. Ces courants, en effet, sont, avec les vents, les grands agents de la transformation des rivages ; ce sont eux qui transportent les alluvions produites par la désagrégation des falaises ; ils peuvent, dans quelques cas, produire des atterrissements considérables ou, au contraire, des affouillements dangereux. Il est impossible d'établir un projet de constructions à la mer sans avoir des données précises sur les courants littoraux de marée dans le voisinage. „ L'auteur s'étend d'ailleurs particulièrement sur les courants de la Manche d'après les travaux de MM. Keller (à qui il emprunte d'intéressantes données historiques sur la question), Gaussin, Hédouin et le commandant Houette.

Diverses causes accidentelles, au premier rang desquelles il faut compter la pression barométrique et le vent, interviennent

pour fausser dans une certaine mesure les prédictions déduites des considérations purement astronomiques et il était intéressant à cet égard de confronter les résultats des observations avec ceux des formules. M. Rollet de l'Isle s'est lui-même particulièrement occupé de la question, en ce qui concerne le port de Brest, pour les années 1895 et 1898. Les courbes d'erreurs présentent bien l'allure caractéristique de l'exclusion de toute erreur systématique. Les écarts sur les heures restent, en valeur absolue, inférieurs à vingt minutes, cette limite étant d'ailleurs très rarement atteinte; en ce qui concerne les hauteurs, les prévisions trop fortes sont prépondérantes pour les hautes mers, et c'est le contraire pour les basses mers; les erreurs restent, au surplus, comprises entre + 35 et — 55 centimètres pour les pleines mers, + 30 et — 70 pour les basses mers. L'auteur dit enfin quelques mots des variations accidentelles du niveau de la mer connues sous le nom de seiches, et qui, d'après les travaux de M. Farel, semblent produites uniquement par des circonstances atmosphériques, ainsi que des raz de marée.

Si, au point de vue pratique, la connaissance qui importe le plus, et en vue de laquelle ont été dressés les annuaires, est celle des pleines et des basses mers, il est pourtant des circonstances où le besoin se fait sentir d'obtenir, en un point donné, la hauteur de la marée à un instant quelconque. La méthode harmonique, quand on peut l'appliquer, donne la solution du problème; mais, dans les circonstances ordinaires, il s'agit de déduire, au moins approximativement, et par le procédé le plus simple et le plus rapide possible, le renseignement que l'on recherche des indications fournies par les annuaires. De nombreux procédés ont été proposés pour ce but. L'auteur rapporte ceux de Laplace (1810), Chazallon (1839), Whewell (1840), Airy (1842), Beechey (1848), Bouquet de la Grye (1868), Ploix (1876), Hanusse (1890); il termine par la description des abaques qu'il a construits lui-même pour cet usage et qui sont édités par le Service hydrographique français, et indique le principe de tables perpétuelles qui seraient, à ce point de vue, d'une grande utilité.

L'ouvrage se termine par une étude fort intéressante du régime de la marée sur les côtes de France bordant l'Atlantique et la Manche et qui peuvent se répartir en trois sections : de la frontière espagnole à Brest, de Brest à Cherbourg, de Cherbourg à la frontière belge. Pour chacune d'elles, l'auteur indique les principales particularités qu'offre le phénomène; c'est d'ailleurs

dans la troisième que se rencontrent les plus grandes anomalies en raison de l'interférence qui se produit entre l'onde qui, après avoir atteint les Orcades, redescend le long de la côte Est de l'Angleterre, et celle qui remonte directement dans la Manche. L'auteur étudie d'ailleurs en détail, par une méthode en partie géométrique, le problème de la combinaison de deux ondes marchant en sens contraire dans un canal. Les points du littoral pour lesquels il indique les circonstances principales du phénomène sont, pour la première section, la Gironde, les Pertuis, la Charente, la Loire ; pour la seconde, Brest, Saint-Malo, Goury ; pour la troisième, la baie de Seine et la Seine. Ces descriptions physiques, jointes aux théories scientifiques, ajoutent notablement à l'intérêt du livre, qui, dans son ensemble, est peut-être le plus instructif qu'on ait encore écrit sur le sujet. Par la variété de ses enseignements, il est d'ailleurs susceptible d'intéresser un cercle de lecteurs plus large que celui des seuls spécialistes qui auront à le consulter, et avec le plus grand fruit, au point de vue technique.

M. O.

VIII

Étude expérimentale du Ciment armé, par R. Feret, ancien élève de l'École polytechnique, chef du laboratoire des Ponts et Chaussées de Boulogne-sur-mer (Ouvrage faisant partie de l'*Encyclopédie industrielle* fondée par M.-C. Lechalas). Un vol. in-8° de 777 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Il n'y a guère qu'une dizaine d'années que le ciment armé a pénétré dans la pratique courante du constructeur, mais son essor a été rapide, et, par la place qu'il est parvenu à se faire en si peu de temps, on peut juger de l'avenir qui lui est vraisemblablement réservé. Aussi l'étude de ses propriétés a-t-elle sollicité de nombreux ingénieurs, dont les travaux, publiés sous forme de volumes à part ou d'articles parus en divers recueils techniques, ont déjà donné naissance, comme on le verra plus loin, à une ample littérature. Chef, depuis vingt ans, du laboratoire créé à Boulogne-sur-mer par l'Administration des Ponts et Chaussées de France pour le contrôle et l'étude des chaux et ciments, M. Feret était particulièrement qualifié pour apporter

sa contribution à cette étude nouvelle. Non moins habile à manier la théorie qu'à exécuter les expériences et à poursuivre les conséquences de leurs résultats, il s'est trouvé à même d'envisager la question, des divers points de vue où elle se présente, avec une égale compétence ; aussi son œuvre est-elle de nature à intéresser à la fois ceux que sollicite plus particulièrement le côté théorique ou le côté pratique du sujet. C'est cette œuvre qu'il livre aujourd'hui au public sous forme d'un volume de près de 800 pages. Un travail de cette ampleur et de cette originalité ne s'analyse pas aisément en quelques lignes. Nous essaierons néanmoins d'en faire naître quelque idée en insistant de préférence sur les points où se manifeste plus spécialement la contribution personnelle de l'auteur, d'ailleurs fort importante dans l'ensemble.

En de telles matières, les développements théoriques n'ont de valeur que s'ils s'appuient sur l'expérience dont ils ont pour but d'ordonner et de synthétiser les résultats. L'auteur a donc fait sagement de consacrer la première partie (90 pages) de son ouvrage aux expériences comprenant les essais de rupture sous charges continuellement croissantes ou avec alternatives de chargement et de déchargement. Il consigne, chemin faisant, nombre de remarques, d'une grande importance pratique, auxquelles il a été personnellement conduit, notamment sur la nécessité d'étudier les déformations des poutres sous des charges inférieures à leur charge de rupture, sur les variations de l'élasticité du mortier suivant que, pour une charge donnée, il est ou non *parfaitement écroui*, sur la succession des états élastiques d'une poutre pour des valeurs de plus en plus fortes de la charge maximum, etc.

La deuxième partie, relative aux théories et aux calculs, est beaucoup plus étendue (240 pages). C'est là principalement que M. Feret a occasion de développer ses idées personnelles. Il fait d'abord un rappel des principes généraux de la résistance des matériaux pour en faire l'application à chacun des matériaux en présence considéré isolément, puis à leur ensemble.

L'étude de la rupture sous différents genres d'effort ayant particulièrement fixé l'attention de l'auteur, il développe, en la remaniant sur quelques points, la théorie à laquelle il avait été précédemment conduit et qu'il avait exposée, en 1900, devant le Congrès international des méthodes d'essai des matériaux de construction. En s'inspirant des premières études de M. L. Durand-Claye, trop peu remarquées à l'époque de leur publication,

mais qui ont pris depuis lors, dans l'évolution de la science des essais, la place qui correspond à leur réelle importance, la théorie de M. Feret considère la rupture sans déformation permanente appréciable comme résultant dans tous les cas de la combinaison d'une action normale, d'une action tangentielle et du frottement (au besoin pris comme négatif dans certains cas particuliers) et aboutit à une formule absolument générale applicable à tous les genres d'effort possibles : traction, compression, flexion, cisaillement, etc. Cette théorie, habilement construite, indique chez l'auteur un esprit puissamment synthétique. Il a soin d'ailleurs de passer en revue les formules admises dans la pratique par divers auteurs pour montrer à l'aide de quelles simplifications on peut les rattacher à la formule générale et mettre en évidence les vérifications tirées des expériences décrites au début de l'ouvrage, de façon à préciser la mesure dans laquelle elles se peuvent justifier. Toute cette discussion, non moins critique que savante, est propre à éclairer la religion des ingénieurs appliqués à tirer parti de ce mode nouveau de construction.

Mais c'est peut-être davantage encore dans les solutions graphiques qu'il propose de substituer à des calculs nécessairement fort compliqués que s'affirme, avec une plus haute originalité, le remarquable talent de l'auteur, solutions qu'il développe d'abord dans le cas des poutres homogènes pour en faire ensuite l'extension à celui des poutres armées. Ainsi qu'il arrive toujours avec ce mode spécial de calcul, les discussions y prennent une forme véritablement lumineuse.

La marche forcément suivie dans le développement de toute théorie physique comportant, au début, diverses hypothèses simplificatives propres à rendre non seulement plus aisée, mais même simplement possible, la tâche de l'analyste, il y a lieu, pour serrer la réalité de plus près, d'introduire successivement divers éléments de complication en appréciant l'influence qu'ils peuvent exercer sur la forme des résultats tout d'abord acquis. Et c'est ainsi que procède M. Feret en ayant d'abord égard aux efforts répétés (ce qui le conduit encore à une solution graphique intéressante pour le problème des flexions répétées), puis à diverses causes d'erreurs relatives à la configuration de la poutre et de l'armature, aux efforts extérieurs, aux actions moléculaires internes, à l'hétérogénéité des matériaux, à l'influence de divers agents physiques (température, état hygro-

métrique, variations de volume du mortier pendant le durcissement).

La troisième partie (145 pages) peut être vraiment qualifiée d'œuvre de bénédictin, appelée à rendre d'inappréciables services et pouvant servir de modèle à des publications similaires visant un objet technique ; c'est une bibliographie générale du ciment armé dans laquelle l'auteur s'est efforcé de réunir tout ce qui, soit sous forme d'articles de périodiques, soit sous forme de brochures séparées, a été publié, dans une langue quelconque, sur le ciment armé et ses applications. Ce répertoire est d'ailleurs méthodiquement classé en cinq paragraphes principaux : généralités ; observations et expériences ; théories et calculs ; systèmes de construction ; applications. Eux-mêmes sont subdivisés en un certain nombre d'articles et, pour donner une idée du soin qu'y a mis l'auteur, nous ne croyons pouvoir mieux faire que de donner la nomenclature, fort instructive, d'ailleurs, par elle-même, des articles entre lesquels sont réparties les applications cataloguées au dernier paragraphe :

Dispositions pratiques et organisations de chantier. — Applications en général. — Poutres, dalles, hourdis, planchers. — Balcons, encorbellements, tribunes. — Toitures. — Escaliers. — Murs. — Piliers et colonnes. — Mâts et poteaux. — Cheminées d'usines, tours, phares. — Pilots et fondations. — Pavages, dallages, pistes. — Pierres artificielles et menus objets. — Maisons d'habitation ou de commerce. — Édifices publics. — Magasins et constructions industrielles. — Constructions militaires. — Chemins de fer. — Systèmes de traverses pour chemins de fer. — Divers travaux hydrauliques. — Grands barrages. — Murs de quai. — Consolidations de rives. — Couvertures de rivières. — Ponts et passerelles. — Voûtes, tunnels, conduites, tuyaux. — Réservoirs, cuves, silos. — Diverses autres applications.

Cette liste, outre qu'elle témoigne du souci d'ordre que l'auteur a apporté dans l'élaboration de cette bibliographie si complète, permet d'embrasser d'un coup d'œil le cycle des applications si variées du ciment armé, et c'est aussi ce qui nous a engagé à la reproduire ici.

La quatrième partie (280 pages), bien que présentée à titre d'annexe, offre une importance intrinsèque et comporte des développements tels qu'il y a lieu d'y insister non moins que sur la portion principale de l'ouvrage ; elle a trait surtout aux recherches personnelles de l'auteur touchant les diverses résis-

tances des mortiers et bétons. Les premiers travaux de M. Feret sur ce sujet, disséminés jusqu'alors en diverses publications, sont ici synthétisés et complétés par de nombreuses recherches nouvelles, qui forment du tout un ensemble homogène et présenté dans un ordre méthodique.

L'auteur traite en premier lieu des résistances à la compression. La contribution personnelle la plus originale qu'il y a apportée vise la prévision des résistances. Il est parvenu, en effet, à donner une formule, fondée sur la considération des volumes absolus occupés dans le mortier ou le béton frais par les différents éléments constituants, qui permet de comparer approximativement les résistances à la compression qu'atteindront, au bout d'une même durée de conservation dans des conditions identiques, tous les mortiers ou bétons composés avec le même liant. M. Feret complète d'ailleurs son exposé de principes par le compte rendu de nombreux essais auxquels il s'est livré dans des conditions diverses, essais qui, pour la plupart, constitueront aux yeux des gens techniques une nouveauté et leur apporteront, en ce qui concerne l'influence de la répétition des efforts, des enseignements analogues à ceux que nous devons à Wöhler relativement aux métaux. Notons en passant que l'auteur fournit quelques indications touchant la compression par chocs, qui ne semble pas avoir été beaucoup étudiée jusqu'ici.

Les résistances au cisaillement et au poinçonnage n'ont pas moins attiré les vues de l'auteur et, dans le chapitre qu'il leur consacre, il met en évidence le fait intéressant qu'elles sont proportionnelles à la résistance à la compression, ce qui apporte la confirmation par l'expérience de certaines idées théoriques émises dans la seconde partie de l'ouvrage.

En revanche, les résistances à la traction et à la flexion, sur lesquelles l'auteur s'étend ensuite longuement, et qui sont proportionnelles entre elles, ne le sont pas à celles du groupe précédent.

Il convient de signaler d'une façon toute spéciale la méthode nouvelle proposée par M. Feret pour les essais de flexion et qui est caractérisée par la constance du moment. Dans les anciennes méthodes intervenaient des efforts parasitaires susceptibles de masquer les effets que l'on voulait réellement constater. Au contraire, dans les essais sous moment constant, dont l'auteur donne une justification rigoureuse, la partie où se fait la rupture est absolument soustraite aux efforts qui se développent dans le voisinage des points de contact de l'appareil d'essai et du prisme

soumis à l'épreuve. M. Feret donne, au surplus, toute sa mesure comme expérimentateur en se livrant à une étude détaillée de toutes les influences avec lesquelles il faut compter pour en déduire une méthode qui, au mérite d'éliminer autant que possible toute action perturbatrice, joint celui d'être d'une exécution absolument simple. Il faut avoir été aux prises avec des difficultés analogues à celles qu'il a si bien vaincues pour apprécier toute l'habileté qu'il a déployée en cette partie de ses travaux.

Comme dans le cas de la compression, il esquisse un mode de prévision des résistances à la flexion, mais les résultats ici obtenus ne sont pas encore d'une aussi parfaite netteté. Il fournit aussi des indications sur les essais de flexion par chocs qui offrent un certain caractère de nouveauté.

Le dernier chapitre est consacré à une question qui n'avait pas encore, que nous sachions, été élucidée à ce point, celle de l'adhérence des mortiers et bétons aux autres matériaux. Il n'a, en effet, jusqu'à présent été tenté que fort peu d'essais dans cette voie. L'étude générale entreprise par M. Feret n'en est que plus intéressante. Il y fait ressortir pour la première fois la nécessité d'avoir égard à deux sortes d'adhérence, l'une normale, l'autre tangentielle, et parvient à une formule identique à celle qu'il a précédemment mise en évidence dans l'étude de la rupture, à cette différence près que l'adhérence y remplace la cohésion. Toutefois la tentative de vérification expérimentale qu'il fait connaître aurait besoin de recevoir encore quelques perfectionnements.

Il est remarquable que l'étude des méthodes propres à effectuer la détermination de l'adhérence normale aboutit à un dispositif identique à celui proposé pour les essais à la flexion. En analysant d'ailleurs, de manière approfondie, les diverses influences auxquelles il faut avoir égard dans ces essais, l'auteur est conduit à nombre d'indications d'un haut intérêt pratique.

La détermination de l'adhérence tangentielle ne comporte pas encore toute la précision que l'on souhaiterait de réaliser et ne conduit conséquemment pas encore à des conclusions suffisamment fermes.

M. Feret étudie à part les influences qui interviennent dans l'adhérence tangentielle de divers mortiers soit à des pierres, soit au fer. Dans ce second cas, on retombe sur le sujet même auquel est consacré l'ensemble du volume ; aussi l'auteur s'y étend-il particulièrement, multipliant les indications sur toutes les circonstances dont peut dépendre le degré d'adhérence des

bétons à leurs armatures, notamment sur la manière dont le ciment armé se comporte dans divers milieux, tels que l'eau douce, l'eau de mer, une atmosphère plus ou moins humide, soumise ou non aux intempéries ou à d'importantes variations de température.

Tel est, en ses grandes lignes, le livre à la fois original et savant que M. Feret vient d'offrir aux ingénieurs. Il marquera certainement une époque dans l'histoire du ciment armé et contribuera à préparer les surprises que ce nouvel élément de construction nous réserve encore.

M. O.

IX

TRAITÉ PRATIQUE D'ÉLECTROCHIMIE, par RICHARD LORENZ, professeur à l'École polytechnique fédérale de Zurich, directeur des laboratoires d'électrochimie et de chimie physique. Refondu d'après l'édition allemande par GEORGES HOSTELET. Un vol. in-8° de VI-324 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

Ce livre, comme l'indique son titre, n'est pas une simple traduction de l'édition allemande parue en 1901. Celle-ci était principalement destinée à des commençants et comprenait uniquement le programme d'expériences que l'auteur faisait exécuter à cette époque par les élèves électrochimistes de l'École polytechnique fédérale de Zurich. Dans cette édition française au contraire, les auteurs, comme ils nous le disent dans la préface, ont cru opportun de refondre l'ouvrage en adoptant un point de vue plus systématique. Ils ont voulu associer aux moyens d'éducation pratique une méthode d'enseignement progressif au laboratoire, tant pour faire comprendre l'esprit des théories que pour apprendre à trouver en elles un guide de travail expérimental.

C'est pourquoi la première partie est précédée d'une introduction donnant les notions générales sur l'électricité, l'état d'électrisation, les courants électriques et leurs effets, les générateurs et les récepteurs, le rendement des machines électriques, la force électromotrice de polarisation et les unités pratiques d'électricité. Une introduction à la 2de partie nous donne des notions générales de mécanique chimique.

Ce n'est pas chose aisée de donner d'une façon succincte et

suffisamment claire à la fois ces notions sur l'énergétique, la thermodynamique et les équilibres chimiques : les auteurs cependant semblent y avoir réussi, étant donné que cette édition française n'est plus destinée à des commençants. L'ouvrage lui-même renferme 65 exercices d'électrochimie divisés en trois parties. La 1re partie qui étudie d'une façon plus élémentaire les lois et les réactions fondamentales, explique avec assez de détails les méthodes de mesures électriques : mesure de l'intensité d'un courant ; mesure de la résistance d'un électrolyte au moyen du pont de Wheatstone ; mesure enfin de la différence de potentiel entre deux points d'un circuit.

Des exercices spéciaux indiquent différents procédés d'étalonnage d'un ampèremètre ; l'ajustement d'une résistance ; l'emploi d'un voltmètre comme ampèremètre ou comme résistance, etc.

La section II de cette première partie examine les conditions et les dispositions favorables à la réalisation d'une transformation électrochimique déterminée d'abord si cette réaction est obtenue par une réaction primaire ; ensuite si elle l'est par une réaction secondaire.

La seconde partie, qui donne la théorie de l'électrolyse, est divisée elle aussi en deux sections.

La section I traite de la dissociation électrolytique des solutions aqueuses ainsi que de leurs facteurs d'équilibre en phases homogènes. Elle fait évaluer ensuite leurs résistances spécifiques aux déplacements provoqués par le passage du courant à travers l'électrolyte. Dans les exercices de la section II on détermine en premier lieu les lois des variations des tensions de polarisation d'une transformation électrochimique à l'une ou à l'autre électrode ; et ensuite, par l'étude de l'influence de la densité du courant, on évalue les forces retardatrices.

Enfin la 3me partie traite de l'électrochimie appliquée, de l'analyse électrochimique et de la production électrochimique des corps.

Beaucoup de ces exercices, ceux notamment qui caractérisent les principes des théories admises sont précédés d'un exposé sommaire, qui en montre la portée. Nous pourrions répéter ici ce que nous avons dit de l'exposé des théories. Un très grand nombre de ces exercices sont d'une manipulation difficile, quelques-uns exigent même une habileté plus qu'ordinaire.

Les auteurs, comme ils le disent dans la préface, n'ont pas la prétention de donner un exposé complet de la matière. D'amples renseignements bibliographiques tant au bas des pages que dans

un appendice spécial, renseignent d'ailleurs complètement le lecteur qui voudrait étudier plus à fond un domaine spécial de l'électrochimie.

J. P.

X

Le Bois, par J. Beauverie (1), avec une préface de M. Daubrée, conseiller d'État, directeur général des Eaux et Forêts. Compact in-8° de xi-1402 pages en deux fascicules, le premier pp. 1 à 704, le deuxième pp. 705 à 1402. Avec 485 figures, dont 16 hors texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1903 (De la collection *Encyclopédie industrielle*, fondée par M. Lechalas, inspecteur général des Ponts et Chaussées).

La littérature forestière, depuis quelques années surtout, s'enrichit de nombreux ouvrages. Déjà nous avons eu l'occasion d'attirer l'attention — et d'y insister — sur le travail encyclopédique en matière forestière de M. Huffel, professeur à l'École des Eaux et Forêts de Nancy, *Économie forestière*, dont deux volumes sur trois ont paru jusqu'à présent.

Le travail de M. Beauverie, dont le titre précède, est plus spécial, encore que non moins savant et non moins approfondi. Il envisage et étudie à tous les points de vue, aussi bien dans sa constitution intime que dans son mode de formation et ses emplois industriels et commerciaux, cette marchandise universellement répandue et base d'industries si nombreuses et si variées, qu'on appelle *le bois*.

Un tel sujet se rattache nécessairement à l'art forestier comme à la science forestière elle-même. Celle-ci, toutefois, n'y concourt que, en quelque sorte incidemment, comme un élément, essentiel il est vrai, du sujet principal, non comme ce sujet lui-même. La forêt, la sylviculture proprement dite, y occupe un chapitre; l'abatage et la traite des bois un autre; et ces deux chapitres sont loin d'être les plus importants. En revanche, de vastes développements sont donnés à ce qu'on pourrait appeler la physiologie du bois, à ses caractères et propriétés chimiques

(1) Docteur ès sciences, chargé d'un cours et des travaux de botanique appliquée à l'Université de Lyon, préparateur de botanique générale.

et physiques, au commerce de cette marchandise, aux défauts et altérations auxquels les bois sont exposés, aux procédés employés pour prolonger leur conservation. L'étude des bois industriels et des essences qui les produisent, comme aussi leur production dans les cinq parties du monde et dans nos colonies, complètent cette œuvre monumentale.

Ayant ainsi donné un très sommaire aperçu de l'ensemble de l'ouvrage, il ne sera pas sans intérêt de l'examiner avec quelque détail.

Les " Chapitres „ — ils seraient beaucoup mieux désignés sous l'appellation de " Livres „, celle de " Chapitres „ et de " Paragraphes „ étant réservée à leurs nombreuses divisions et subdivisions — les " Chapitres „, disons-nous, sont au nombre de treize.

I. Le premier est un véritable traité de physiologie végétale, avec application spéciale au tissu ligneux, des principales essences. Commençant par la description de la cellule puis des diverses variétés de fibres et de vaisseaux et décrivant leur rôle dans la formation du bois sous l'action de la sève, l'auteur explique la formation des couches concentriques annuelles avec distinction des formations printanière (vaisseaux) et automnale (fibres) : ce mode de développement est déterminé dans nos climats tempérés par la succession régulière des saisons froide et chaude. Dans les pays tropicaux ou subtropicaux, il n'en est plus de même ; les alternatives de séries pluvieuses et sèches, pouvant se reproduire plusieurs fois dans la même année, ne permettent plus de se servir de ce mode d'appréciation.

La formation et l'accroissement de l'écorce des arbres, la naissance et le développement du tissu subéreux aux dépens du parenchyme de celle de plusieurs d'entre eux, sont présentés, de même au reste que les exposés qui précèdent, avec de nombreuses figures dans le texte à l'appui. Il en est de même d'une dernière et fort intéressante division, qui a pour objet la reconnaissance des qualités des bois d'œuvre par l'étude anatomique, au besoin aidée du microscope, de sections longitudinale et horizontale prélevées sur des bois de chaque essence.

II. Pour la composition particulière et les propriétés chimiques, notre auteur admet, en chiffres ronds et conformes à la moyenne, les proportions suivantes : 40 °/o d'*eau*, 1 de *cendres* et 59 de *principes élémentaires*.

La teneur en eau varie avec les essences, avec les parties de l'arbre considérées, avec la saison d'abatage, la durée de dessiccation à l'air libre, écorcé ou non, débité ou non. Sans nous arrêter aux très nombreux chiffres donnés à l'appui de ces assertions, fondées toutes sur des observations fréquentes, arrivons aux cendres du bois.

L'analyse dernière de celles-ci, allant jusqu'à la décomposition des corps en combinaison dont elles se composent, donne : soufre, phosphore, chlore, silicium, potassium, calcium, magnésium, fer, sodium, plus, dans quelques cas d'ailleurs très rares, aluminium, barium, zinc, etc. De la proportion de ces divers corps dans les principales essences de bois, des nombreuses expériences citées et des chiffres en résultant, nous retiendrons seulement cette remarque fort curieuse, déjà signalée par MM. Fliche et Grandeau, à savoir que l'impuissance du pin maritime et du châtaignier à croître en un sol d'une teneur un peu forte en calcaire, tiendrait moins à la présence du calcaire lui-même qu'à l'insuffisance de potasse, la teneur des sols en cette matière étant généralement en raison inverse de celle de la chaux.

Ce sont les quatre principes élémentaires de toute végétation qui, dans les parties jeunes du bois, comme l'aubier par exemple, forment, par leurs combinaisons, les nombreuses substances que fait naître ou entretient la vie même de la plante, telles tout d'abord que le protoplasma, matière vivante de la cellule, la glucose, l'amidon, le tanin, les résines, les huiles. C'est encore de là que viennent les odeurs suaves émises par certains bois, désagréables par d'autres. Parmi ces derniers, citons le nerprun purgatif *(Rhamnus cathartica)*, la bourdaine *(Frangula vulgaris)*, le cerisier à grappes *(Cerasus padus)* ; parmi les premiers nommons entre autres : les bois de rose *(Convolvulus floridus, C. Scoparius)*, le bois de violette *(Acacia homalophylla)*, le palissandre *(Machaerium)*, les bois de santal *(Santalum, Erimophila, Myoporum)*. Les bois colorés qu'utilise souvent la teinture sont également nombreux : bois jaunes, bois rouges, bois roses, bois noirs, dont l'énumération nous entraînerait trop loin.

La cellulose et ses dérivés, les principes pectiques et les matières incrustantes produites par la végétation closent le chapitre second avec grande abondance de détails et exposé d'expériences les concernant.

III. Le chapitre suivant, qui a pour objet les caractères et propriétés physiques des bois, a une importance industrielle considérable. Les questions de la densité, de la dureté, de l'homogénéité des différents bois, de leur coloration, de l'aptitude à la fente, sont traitées de la manière la plus pratiquement scientifique. A propos de la coloration, l'auteur s'élève, non sans quelque raison, contre la qualification de *bois blancs* appliquée aux bois tendres, attendu que la teinte blanche domine en des bois très durs comme le charme et le robinier par exemple. Aussi adopte-t-il, dans un chapitre ultérieur, une classification toute différente en " bois durs ", " bois blancs " (comprenant plusieurs bois durs), " bois fins " et " résineux ". Malgré tout, telle est la force de l'habitude que, selon toute probabilité, la vieille démarcation en *bois durs* comprenant tous les bois durs, et en *bois blancs* comprenant tous les bois tendres, persistera dans la pratique.

Mais ce qui donne au chapitre qui nous occupe son plus grand intérêt, ce sont les renseignements, tous établis par le calcul et appuyés sur de multiples expériences, concernant la résistance des bois à toutes les forces qu'ils ont à subir : pression, traction, torsion, frottement, etc., et, en second lieu, leurs propriétés calorifiques. On trouve là, en ces deux ordres de faits, les données les plus précises et les plus complètes qu'il soit possible de réunir avec, à l'appui, les chiffres les plus solidement établis.

IV. Rien de bien saillant à signaler dans le chapitre qui suit, intitulé : " Production des bois. La forêt. " C'est un abrégé des données les plus générales de la sylviculture, établi d'après les bons auteurs, mais où une place trop grande nous paraît accordée aux arbres exotiques. Non pas que nous les repoussions en principe et absolument, mais parce que leur introduction dans nos climats ne doit être tentée qu'avec prudence et circonspection : toute essence exotique ne se *naturalise* pas, c'est-à-dire ne se reproduit pas d'elle-même et sans le secours de l'homme. Tel est le cas, au moins sur bien des points, du fameux Wellingtonia ou *Sequoïa gigantea* qui, d'ailleurs, ne paraît pas devoir réaliser chez nous les formidables dimensions de ses pareils de Californie. Enfin il arrive fréquemment que les essences importées ne présentent plus, dans leur bois, les qualités de leur pays d'origine.

Relèverons-nous en passant deux inadvertances ? Le mot

féminin *cépée*, employé au masculin (p. 193), et (p. 214) le *Taxodium distichum* dénommé en français : cyprès *cahux* au lieu de cyprès *chauve*.

V. Sobrement exposé et clairement détaillé est le chapitre sur l'abatage et la traite des bois. Les modes de procéder et l'emploi des machines et appareils y sont appuyés de figures dans le texte qui en rendent l'intelligence facile, même à qui serait étranger à ces matières.

VI. Sous le titre de " Commerce des bois ", il est traité de plusieurs sujets assez sensiblement différents : exploitation commerciale de la forêt; cubage des bois; usages commerciaux; prix des bois ; droits de douane et données statistiques. On voit par là en quel large horizon l'auteur envisage tout ce qui concerne, dans toutes les directions et à tous les points de vue, une matière première si abondante dans la nature et si nécessaire à l'homme.

VII. Bien plus étendu encore est le chapitre suivant — le Livre, devrions-nous dire — consacré aux altérations et défauts des bois d'œuvre. Ces défauts proviennent de causes innombrables. Les unes tiennent à la végétation des arbres eux-mêmes sous l'action notamment de l'inégale participation aux agents atmosphériques, par la formation des nœuds, etc., etc. D'autres sont dues à la végétation de plantes associées comme le lierre, les clématites et les chèvrefeuilles grimpants, ou de plantes parasites comme le gui et l'innombrable série des végétaux cryptogamiques : bactéries, champignons, agarics. Un troisième ordre de causes réside dans le règne animal : mammifères, oiseaux et surtout l'innombrable classe des insectes, les uns s'attaquant aux feuilles, d'autres au bois, aux bourgeons, aux racines ou à l'écorce : coléoptères, hyménoptères, lépidoptères, termites, sans parler de certains crustacés et des tarets qui attaquent, en mer, le bois des bateaux. Enfin les agents physiques, vents, neiges, givre, verglas, grêle, foudre, avalanches, cyclones, froids excessifs et extrêmes sécheresses. Toutes ces causes agissent chacune à sa manière, d'où toute une classification, avec dessins à l'appui, des tares qui en résultent, et indication des moyens de reconnaître à la vue extérieure si tel bois donné est taré ou non.

VIII. Quand des bois ont échappé ou résisté à toutes ces causes d'altération et sont abattus parfaitement sains, ils n'échappent point, comme toute chose d'ailleurs ici-bas, à l'action du temps. Tout s'use, se décompose et périt à la longue. Le bois périt de vieillesse par la décomposition de ses tissus ; il peut périr aussi par l'attaque de champignons parasites ou d'insectes. Mais on peut retarder très sensiblement l'effet de cette action inévitable : 1° en empêchant la circulation de l'air dans le bois on obvie à l'oxydation lente de ses tissus ; 2° en le débarrassant de tous ceux de ses éléments qui peuvent être un aliment à des micro-organismes vivants, ce à quoi l'on parvient par plusieurs moyens : séchage naturel à l'air libre ou artificiel par la chaleur ou la ventilation ; séchage par immersion dans l'eau, celle-ci dissolvant peu à peu tous les liquides séveux contenus dans le bois et s'évaporant promptement une fois hors de l'eau ; destruction de l'amidon contenu dans la tige de l'arbre par l'annélation du tronc au-dessous de la naissance des branches au printémps précédant l'automne de l'abatage. — Un troisième moyen de conservation du bois consiste à introduire dans ses fibres et ses vaisseaux, des matières antiseptiques qui en font un milieu impropre à entretenir la vie. Les systèmes et procédés en cet ordre sont nombreux. S'il s'agit d'une pénétration superficielle, on peut recourir à la carbonisation extérieure, au goudronnage, aux enduits à l'huile ou autres substances, à l'immersion à froid ou à chaud dans un bain antiseptique. Quand on veut obtenir la pénétration profonde ou complète de la matière antiseptique dans le bois, on recourt à l'injection. Les méthodes d'injection sont nombreuses et varient aussi avec la nature de l'agent antiseptique employé.

Mieux encore, on arrive à rendre le bois incombustible par l'*ignifugation,* et à recouvrir d'une légère couche de métal divers objets usuels ou d'usage courant, c'est la ***métallisation*** des bois.

Les 20 dernières pages de cette division considérable sur la *Conservation des bois* qui n'en contient pas moins de 134, forment le début du FASCICULE II, commençant à la page 705 ; et l'on se demande avec curiosité pourquoi ces 20 dernières pages n'ont pas été ajoutées au FASCICULE I, lequel aurait été le *Tome Ier*.

Ce " fascicule I „ se termine par un commencement de phrase : " Tous les „, sur lequel se ferme la couverture. Et le " fascicule II „, à la suite du faux-titre et du titre, débute, tout au

haut de la page 705, par la suite de la phrase : " mois, on porte la solution à l'ébullition, etc. ".

Cette bizarrerie sera aisément réparée par le relieur qui pourra sans peine mettre les choses au point en ajoutant au fascicule I les 20 premières pages du fascicule II.

IX. La division suivante contient dans une " Première partie ", comprenant les bois indigènes ou naturalisés, l'étude physiologique et détaillée de toutes les essences avec indication des maladies et des ennemis propres à chacune d'elles. C'est ici que se rencontre la classification nouvelle dont il a été parlé plus haut. Dans les *bois durs*, l'auteur comprend : les chênes, le hêtre, le châtaignier, le noyer, les frênes, les ormes et les mûriers. Ses *bois blancs* sont le charme, les érables (deux catégories d'essences qui sont cependant des bois durs), les aunes, le bouleau, le coudrier (un demi-dur), le platane, le robinier (il est bien tout à fait dur, celui-là), les tilleuls, les saules, les peupliers et le marronnier. Après, viennent les *bois fins* : d'abord les fruitiers amygdalés : amandier, pêcher, cerisiers, prunier, abricotier ; puis les pomacés : néflier, épine blanche, coignassier, poirier, pommier, sorbiers et alisiers. Ensuite ce sont les deux cornouillers, puis le buis, le houx, l'olivier, l'ailante, le micocoulier et une foule de morts-bois.

Parmi les résineux, M. Beauverie donne les monographies physiologiques et anatomiques de huit pins (sylvestre, de montagne, loricio, etc.), du sapin, de l'épicea, du mélèze, du cèdre du Liban (qu'il ne paraît pas séparer des types, cependant bien distincts, de l'Atlas et de l'Inde), des genévriers, des thuyas et de l'if. C'est dans cette division que se trouvent les gravures hors texte représentant des arbres dans tout leur aspect.

Là ne s'arrête pas le " Chapitre IX ". Une " Deuxième partie " qui suit se rapporte aux " Bois exotiques d'importation " et se subdivise suivant qu'il s'agit de *Bois exotiques d'ébénisterie*, de *Bois exotiques de service ou de construction* et enfin de *Bois de teinture*.

Parmi les premiers, passons les acajous vrai (*Swietenia Mahogoni*) et faux (*Cedrela odorata*), le palissandre (*Machaerium*), les ébènes (*Diospyros* ou *Plaquemiers* divers). Mais pourquoi l'auteur, qui fait un éloge d'ailleurs mérité du tulipier (*liriodendron tulipifera*), le range-t-il parmi les bois d'ébénisterie, puisque son usage habituel, dans son pays d'origine, paraît être un emploi de charpente et de menuiserie dans la

construction des maisons? Le gayac (*Guaiacum officinale*, arbre subtropical, bois très dur, plus lourd que l'eau (densité = 1,38), sert pour les usages où, sans employer le métal, on veut néanmoins une grande solidité. Les noyers et caryas d'Amérique, les bois de l'ordre des cupressinées, genévriers, thuyas, callitris; les bois de *citron* et ceux, fort différents, du citronnier et de l'oranger ; les bois dits de rose et les bambous, — sont les plus saillants parmi la multitude de ceux que décrit notre auteur et que nous ne saurions mentionner tous.

Le pitchpin, le teck et deux eucalyptus, le Jarrah et le Karri représentent les bois de service et de construction... Nous avons eu déjà l'occasion d'exposer ici-même que bien des espèces de pin fournissent ce qu'on appelle le pitchpin, *Pinus australis*, *P. tæda*, *P. ponderosa* (1). M. Beauverie y ajoute le sapin ou tsuga de Douglas dont il fait grand éloge et qu'il signale, d'après M. D. Cannon, comme " cultivable en France sur une grande échelle ". Je ne demande pas mieux ; mais, pour ma part, malgré divers essais, je n'ai jamais pu réussir une plantation d'*Abies Douglasii* (2).

Le bois du teck, *Tectona grandis* (verbénacées), arbre hindou qui demande une température moyenne de 20° C., contient dans ses tissus une huile résineuse, grâce à laquelle il résiste à l'humide, au sec, et même au taret, ce rongeur des navires. Aussi est-il d'un grand emploi dans les constructions navales de tout ordre ; et notre auteur en fait-il l'objet d'une monographie très étendue.

Les eucalyptus, dont l'Australie compte 150 espèces différentes, fournissent le Karri et le Jarrah, qui, par leurs qualités remarquables, feraient dans certains cas concurrence au bois de teck lui-même.

Les bois de teinture, dont l'importance a beaucoup diminué depuis la découverte de l'aniline, sont principalement le campêche (*Hæmaloaglon campechianum*) du Mexique ; les cachous (*Acacia catechu* et autres); les bois rouges du Brésil, le santal, etc.

X. La production du liège, sa récolte, ses emplois, sujet dont nous avons eu déjà l'occasion d'entretenir nos lecteurs, mais

(1) D'aucuns ont même prétendu que l'on pouvait faire de bon pitchpin avec *P. maritima*, crû et exploité dans certaines conditions.

(2) D'autre part, M. Beauverie ne mentionne pas l'*Abies Nordmaniana*, qui se recommande par sa rusticité, sa résistance aux gelées et la riche ampleur de son feuillage.

traité ici avec toute l'ampleur que comporte un véritable traité, occupent le " chapitre X ".

XI. Suit l'exposé général d'abord, puis détaillé pour chacun des pays civilisés des cinq parties du monde, de la production du bois dans l'univers, avec une division sur l'insuffisance de cette production d'après M. Mélard, sujet déjà traité ici-même en janvier 1901, et sur lequel nous ne nous arrêterons pas.

XII. Les bois des colonies françaises sont l'objet d'un examen détaillé comme, dans le chapitre précédent, ceux des différents peuples. Enfin le chapitre XIII et dernier étudie l' " Utilisation des bois " classés par l'auteur en *Bois d'œuvre* (charpente, traverses, poteaux télégraphiques, étais de mine, etc.) ; *Bois de travail* (sciages, tour, sculpture, tabletterie, etc.) ; *Bois d'industrie* (pâte à papier, cellulose, celluloïd, soie artificielle) ; *Bois de combustion* (feu, charbon, briquettes de sciure, distillation par carbonisation en vase clos).

Tel est le résumé très sommaire de ce vaste ouvrage. A une ou deux exceptions près, chacune des grandes divisions appelées *chapitres* dont il se compose, constituerait à elle seule un traité spécial et complet. Un tel travail fait le plus grand honneur à celui qui l'a conçu, en a patiemment réuni les matériaux épars et les a mis en œuvre en un style clair, facile et toujours attachant dans sa forme didactique.

C. DE KIRWAN.

XI

TRAITÉ D'EXPLOITATION COMMERCIALE DES BOIS. Tome Ier (1), par ALPHONSE MATHEY, inspecteur des Eaux et Forêts. Préface de M. DAUBRÉE, directeur général des Eaux et Forêts. Un vol. in-8° de XVIII-488 pages, avec 377 figures dans le texte et 8 planches en chromolithographie. — Paris, Lucien Laveur, 1906.

Bien que s'occupant de plusieurs des questions traitées dans le précédent ouvrage, celui-ci, enfermé dans un espace plus restreint et d'ailleurs conçu sur un plan différent, est loin de

(1) Constitution. — Défauts et maladies des bois. — Conservation. — Emmagasinage et traitements préservatifs. — Exploitation des bois. — Les transports.

faire double emploi avec le premier. Le premier est assurément l'œuvre d'un savant de marque, ayant expérimenté au laboratoire et mis en œuvre d'innombrables documents. Le second est aussi l'œuvre d'un savant, mais d'un savant qui, tout en ayant utilisé, lui aussi, plusieurs sources, a observé, étudié, et souvent même pratiqué sur place ce qu'il nous enseigne.

Avant tout forestier, mais forestier ayant parcouru de nombreuses régions, c'est moins, cependant, au point de vue du forestier que s'est placé M. Alphonse Mathey, qu'au point de vue industriel de l'exploitant, du marchand de bois.

Honoré, comme *Le Bois*, d'une Préface de M. Daubrée, conseiller d'État et Directeur général des Eaux et Forêts, le *Traité d'exploitation commerciale des bois* se présente au public, ainsi que l'ouvrage qui l'a précédé, avec l'approbation de la plus haute autorité existant en la matière.

Son " Tome premier „ comprend cinq " Livres „ se rapportant respectivement à la *Constitution* des bois, à leurs *Défauts et maladies*, à leur *Conservation, emmagasinage et traitements préservatifs*, à leur *Exploitation* et à tout ce qui concerne leurs *Transports*.

On voit, par cette énumération, quelles sont les analogies et les différences de ce volume avec le travail précédent, dont notre auteur ne paraît pas d'ailleurs avoir eu connaissance.

Différences et analogies ressortiront mieux encore de la rapide analyse qui va suivre.

Visant surtout à être pratique, M. Alph. Mathey néglige l'examen microscopique des tissus ligneux, plus applicable au laboratoire que sur le parterre d'une coupe, et se borne à l'examen qu'il appelle *macroscopique*, c'est-à-dire pratiqué par l'œil nu ou armé seulement de la loupe. Ceci posé, il donne pour chaque essence, le dessin très soigné d'un échantillon de bois prélevé suivant trois faces : section *transversale*, c'est-à-dire normale à l'axe de la tige ; section *radiale*, c'est-à-dire longitudinale dans le sens des rayons ; section *tangentielle* à la circonférence d'un des cercles d'accroissement annuel.

Chacun de ces dessins — il y en a 21 — est accompagné d'un texte explicatif des détails de chacune des trois faces.

Cette étude macroscopique est suivie d'un exposé des " Propriétés physiques, mécaniques *et chimiques* des bois „, que complète un chapitre sur la " Constitution chimique du bois „. Les propriétés chimiques telles que les odeurs communiquées aux bois par les acides et les huiles essentielles que leurs tissus

contiennent, ou par les produits volatils qu'ils fournissent, ou encore leur plus ou moins d'aptitude à l'injection des matières antiseptiques, tout cela est autre chose que l'ensemble des substances dont tout bois est composé, savoir : eau, cellulose, vasculose, matière incrustante, amidon, etc., et enfin cendres qui sont le résidu des matières minérales s'ajoutant, en plus ou moins fortes proportions, au surplus.

Limité par l'espace, nous ne pouvons qu'indiquer, malheureusement sans entrer dans le vif, tous ces sujets traités avec la compétence de l'observateur et du savant.

Mais une partie de l'ouvrage sur laquelle nous ne saurions trop attirer l'attention, c'est le Livre II, où sont décrits, jusque dans leurs plus minimes détails, les défauts et les maladies des bois. Nous avons vu, en parlant de l'ouvrage de M. Beauverie, quelles sont les innombrables causes de ces défauts et de ces altérations; M. Mathey les répartit en cinq classes : les *défauts* physiques, les blessures, les *maladies* physiques, les maladies parasitaires et enfin les piqûres et vermoulures sur les bois abattus. Il communique le fruit de ses sagaces observations, non seulement par un texte descriptif très complet, mais encore par des dessins qu'il a tracés lui-même et dont 45, hors texte et coloriés, composent les huit planches en lithochromie annoncées dans le titre. 71 autres figures dans le texte ajoutent un surcroît de clarté aux descriptions écrites.

Si ce qui précède intéresse tout autant le forestier que le marchand de bois, ce qui suit, sans être assurément indifférent au premier, est avant tout profitable au second.

En effet, une fois le bois abattu et débité en marchandise, c'est l'intérêt de l'acheteur, et de lui seul, d'employer les meilleurs modes de procéder pour empêcher cette marchandise de se détériorer, la préserver autant que possible de toute atteinte. Ces moyens sont nombreux, soit en mettant en œuvre les agents naturels comme l'air et l'eau, soit en recourant à des moyens artificiels comme les enduits, le flambage, l'emploi des matières antiseptiques par immersion ou injection.

Il est vrai que l'*Exploitation*, objet du Livre IV, intéresse, considérée en elle-même, au moins autant le forestier que l'exploitant. Mais comme celui-ci est soumis à un cahier de charges très sévère et supporte, de son fait même, d'assez lourdes responsabilités, il a tout avantage à être très exactement renseigné. Et c'est pourquoi l'auteur se place à ce point de vue.

Celui-ci nous permettra-t-il, à propos de la saison la plus

favorable à la coupe des bois, une petite critique de détail? Il repousse l'opinion des anciens quant à l'influence de la lune sur la végétation, et fait état, notamment, de la fameuse consultation donnée à ce sujet par Arago en 1832. Mais il a été répondu depuis, que la dissertation sur ce point du grand Astronome péchait par la base. Il avait réuni et mêlé les observations faites sur les deux hémisphères, lesquelles, donnant des résultats en sens inverse de l'un à l'autre, avaient fourni à Arago une somme algébrique égale à zéro. M. Henri de Parville a établi cela jadis dans diverses chroniques politiques du CORRESPONDANT, du JOURNAL DES DÉBATS et autres. Rien donc à conclure de l'opinion de l'illustre astronome. M. Mathey est sans doute plus heureux quand il cite les expériences de Duhamel en France et de Burgsdorf en Allemagne, lesquelles prouvent que la qualité du bois abattu est indépendante de la lunaison.

Mais on oublie que ces expériences ont porté sur des bois exploités en hiver, parce que, en Europe comme dans tous les climats de la zone tempérée, on exploite les bois en automne et en hiver quand le mouvement de la sève est arrêté. Il résulte incontestablement de ces expériences, que la lune n'a aucune influence sur la végétation et par suite sur l'époque de l'abatage du bois, par l'excellente raison que cet abatage a lieu quand la végétation est arrêtée. Mais cela ne prouve pas que, durant l'activité de celle-ci, le cours de la lune n'ait sur elle aucune influence. D'après M. Henri de Parville, cette influence serait réelle dans la zone intertropicale où la végétation est en activité constante.

Cela n'a du reste pas grand intérêt pratique pour nous, puisque, dans nos climats, on n'exploite guère en temps de sève. Mais il nous a paru que, proclamée d'une manière générale et sans aucune restriction, cette négation de l'influence de la lune était trop absolue.

Le travail de l'exploitation des coupes de bois n'est pas moins présenté avec un détail d'informations au double point de vue cultural et des règlements administratifs à observer, qui ne laisse rien à désirer. La description des outils et appareils divers employés dans tous les pays, avec dessins les représentant, complète cette division de l'ouvrage.

La cinquième, consacrée aux *Transports*, occupe plus du tiers du volume. Elle est du plus grand intérêt pour les exploitants, comme aussi pour les propriétaires de forêts; car le débouché des produits a sur leur valeur une importance considérable.

L'auteur en décrit sept ou huit catégories, et il le fait avec une *maestria* qui dénote autant les aptitudes et les connaissances de l'ingénieur que celles du forestier. C'est d'abord le transport sur essieux, c'est-à-dire par charrois avec matériel roulant de toutes formes suivant la nature des produits et des voies de communication. C'est ensuite le flottage soit par radeaux pour planches et billes ou grumes, soit à bûches perdues pour le bois de chauffage (1).

Le *schlittage* est un autre mode de transport des bois usité seulement là où il a sa raison d'être, soit dans les pays de montagne, et particulièrement dans les Vosges et dans les Alpes allemandes. Il consiste essentiellement en des traîneaux dont la forme varie suivant qu'il s'agit de pièces de bois ou de bois de chauffage et qu'un homme conduit sur des pentes variant de 20 pour cent, limite inférieure à 50 pour cent, limite ne pouvant être dépassée. Le rôle du conducteur est de diriger le convoi en le retenant plutôt qu'en le tirant. Des traverses en bois disposées le long du chemin permettent au conducteur de prendre à chaque pas un point d'appui, en s'arc-boutant contre la tête de schlitte.

Tous les pays de montagnes ne sont pas munis de chemins de schlitte et nantis des appareils appropriés ; et d'autre part, dès que la pente dépasse 50 pour cent, ce mode de transport ne saurait plus être employé sans danger. On a recours alors à des *glissoirs*. Elémentairement ces glissoirs, appelés aussi *drayes*, ne sont que les sillons naturels creusés par les eaux suivant les lignes de plus grande pente, le long desquels les pièces de bois sont plus ou moins maltraitées par les heurts d'une voie aussi primitive et n'arrivent à la vallée qu'en assez mauvais état. Les divers perfectionnements qu'on leur apporte au moyen parfois de véritables travaux d'art la transforment en *rièses* sèches ou *à eau* pour les longs parcours avec faibles pentes.

Le téléphérage (Τῆλε, au loin ; φέρειν, porter) est un mode de transport relativement nouveau mais très usité, paraît-il, en Suisse et en Autriche, dans les parties de montagne où l'installation de chemins ou de rièses est impossible. Il consiste dans l'emploi de câbles et fils de fer partant de points élevés au-dessus d'une pente extrême ou d'un rocher à pic et aboutissant à une station plus basse, souvent par dessus ravins ou rivières.

(1) Le bois de chauffage aussi se transportait en radeaux sur l'Yonne, il y a une trentaine d'années.

Tel est le principe.

Quant aux différents modes d'emploi pour faire glisser les charges de bois le long du câble, ils varient suivant les circonstances locales comme aussi selon la nature et le poids de la charge. L'auteur les décrit en grand détail toujours avec figures, et aussi calculs et tableaux à l'appui.

Il est un sixième mode de transport, lequel est précieux dans les pays où manquent encore les voies de communication et peut aussi rendre service, comme moyen économique, dans d'autres régions. Il consiste dans ce qu'on appelle les *Porteurs :* soit *sur rails*, en bois comme les décrit un auteur allemand cité par notre auteur, M. Frankhauser, ou bien en fer suivant le fameux procédé Decauville; soit en employant les *plans inclinés automoteurs* à deux voies comme en installe également la maison Decauville ; soit enfin sur *morails* pour les bois longs, comme cela se pratique en Amérique. Dessins, devis, calcul de tous les éléments de ces divers dispositifs, accompagnent invariablement les descriptions.

Enfin lorsque, par ces différents moyens de transport hors forêt, les bois sont réunis en chantier pour être expédiés ensuite plus ou moins loin, il y a les transports *par eau* c'est-à-dire sur canaux, et par chemins de fer. Le dernier chapitre, affecté à ces deux moyens de communication, donne l'indication des démarches à faire pour les utiliser, des règlements de circulation à observer, des prix de revient par unités de poids et de distance, enfin de toutes les formalités à accomplir vis-à-vis de grandes administrations comme celles des Compagnies de chemins de fer.

Là se termine le tome Ier du *Traité d'exploitation commerciale des bois*. Le tome II, en préparation, comprendra tout ce qui concerne le débit des bois : Bois de feu, charbon, bois à défibrer, petits bois d'industrie, grumes, charpentes, sciages, merrains, petites et grandes industries forestières.

On voit par ce qui précède que le travail de M. Alph. Mathey, plus spécial et moins étendu que celui de M. Beauverie, est aussi plus pratique si l'on se place, comme l'a voulu l'auteur, au point de vue particulier de l'exploitant et du propriétaire.

C. DE KIRWAN.

XII

Le Domaine et la Vie du Sapin autrefois et aujourd'hui et principalement dans la région lyonnaise. Essai de monographie dendrécologique avec tableaux, cartes et dessins hors texte, par Cl. Roux, docteur ès sciences, lauréat de la Société nationale d'Agriculture, membre de la Société forestière de Franche-Comté, membre et lauréat de plusieurs sociétés savantes de la France et de l'Étranger, etc. Un vol. grand in-8° de 148 pages. — Lyon, Association typographique.

Ce titre, un peu touffu, implique non seulement une excellente monographie du *Sapin (Abies pectinata*, DC.), mais encore d'intéressantes données sur nombre d'autres essences forestières plus ou moins associées au sapin ou envisagées comparativement à lui.

De la " Région lyonnaise " comprenant le Lyonnais, le Beaujolais, le Forez, le plateau central, région explorée en entier par l'auteur, celui-ci rayonne sur les autres contrées de la France et de l'Europe en tout ce qui concerne la flore forestière ligneuse et principalement *Abies pectinata*.

Après une *Introduction* sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure, l'auteur partage son sujet en trois parties dont deux, de beaucoup les plus importantes, la seconde surtout, sont affectées : la première à l'*Exposé des faits* quant au domaine du sapin " autrefois " (c'est-à-dire aux temps géologiques) et " aujourd'hui " ; la seconde, à l'*Interprétation des faits* quant à l'aire actuelle de cette essence.

L'Introduction, tout en exposant l'objet de l'ouvrage et les caractères botaniques du sapin, nous donne en même temps la définition de divers termes qui reviennent souvent dans le cours de l'ouvrage et qui, bien qu'usuels parmi les botanistes de profession, peuvent être moins familiers à d'autres personnes. Tels : la *Phytécologie* (Φυτόν, plante, arbre, végétal ; οἶκος, maison, demeure), autrement dit la géographie botanique ; l'*Ecologie* (même étymologie, sans doute, moins φυτόν) d'une signification analogue ; la nutrition *mycorhizienne* (Μύκης, champignon ; ῥίζα, racine) des plantes sylvicoles, la *mycorhize* étant une sorte de mycelium entourant comme d'une gaine les radicelles de certains arbres, nommément du sapin ; enfin la *mycotrophie* (Τροφή, nourriture), c'est-à-dire le concours de

certains champignons à la nutrition des plantes, qui a fait plus spécialement l'objet des recherches personnelles de l'auteur.

L'exposé très détaillé des caractères du sapin non seulement au point de vue strictement botanique, mais aussi comme aspect général, dimensions et mode d'origine, complète l'Introduction.

La répartition des *abiétinées* aux différentes époques géologiques à partir du carbonifère supérieur et jusqu'au pliocène et au quaternaire interglaciaire, n'occupe que de courts passages dans la première partie. — C'est la situation forestière au point de vue du sapin en tant qu'essence exclusive, dominante ou mélangée, dans les sept groupes dont se compose la France continentale et la Corse, qui occupe le plus grand nombre de pages de cette partie de l'ouvrage : Plateau central, Pyrénées, Alpes, Jura, Vosges, Normandie et Bretagne et enfin la Corse, sont examinés département par département, parfois par arrondissement communal, le tout résumé dans un tableau d'ensemble et représenté graphiquement par deux cartes coloriées, renvoyées à la fin du volume.

La Deuxième Partie, où sont exposées les " Influences écologiques d'où résulte l'aire actuelle du sapin „, est, comme on l'a dit, de beaucoup la plus considérable. Elle représente l'objet même de l'ouvrage, tout ce qui précède en représentant plutôt les préliminaires.

L'auteur y répartit ce qu'il appelle les " facteurs écologiques „ en trois catégories : phytécologiques, édaphiques (Ἔδαφος, sol) ou géiques (Γῆ, terre) et *biotiques* (Βίος, vie) ou *animés*.

Dans la première, sont rangés les facteurs *climatiques* ou géographiques comprenant les éléments climatériques, climatologiques et météorologiques. Ils sont " géographiques „ en ce sens que leur action s'exerce à la fois sur de grandes étendues continentales. Pour apprécier leur influence sur le sapin, l'auteur se livre d'abord à des considérations d'ensemble sur les climats en général, où sont signalés les climats suivants : *megathermes* (plaines tropicales) ; *scérophiles* (déserts sans froid hivernal) ; *des Steppes* (déserts à hivers rigoureux) ; *mésothermes* allant de la culture du camélia à celle des céréales ; *microthermes* (grands bois feuillus, bouleau, hêtre, sapin) ; *hékistothermes* (Ἥκιστος, moindre, plus petit) ou froids, sans autre végétation que celle des pâturages ; et enfin climat du *froid éternel* où cesse toute végétation.

De ces vues d'ensemble, l'auteur passe aux climats *anciens*,

c'est-à-dire à ceux des diverses époques géologiques en France et en Europe jusques et y compris la période glaciaire, et enfin aux climats actuels et à l'influence, sur le sapin, de la température, de l'humidité, de l'état de l'air atmosphérique. L'auteur insiste avec raison sur la somme d'humidité nécessaire à cet arbre, qui ne recherche pas le froid comme on est porté à le croire : un climat froid mais sec ne lui conviendrait pas. Il lui faut, au contraire, une certaine somme de chaleur annuelle, qui d'ailleurs ne doit pas être dépassée.

Il est un point de détail où nous devrons nous séparer de M. Roux. A l'occasion de l'influence de la lumière sur le sapin, il écrit : " C'est un fait connu depuis longtemps que les conifères peuvent végéter dans des conditions d'insolation défectueuses. " L'assertion est beaucoup trop générale : vraie pour le sapin et l'if (*Taxus baccata*, Lin.), elle est fausse pour la plupart des pins, pour le mélèze, pour les cèdres, qui sont, les uns et les autres, *arbres de lumière*. L'épicéa lui-même, qui requiert quelque ombrage durant les premières années à la suite de sa sortie de terre, ne supporterait pas, comme l'if et le sapin, un couvert prolongé.

Nous voici maintenant arrivés à l'influence, sur la végétation du sapin, de facteurs *édaphiques* ou *géiques*, qui ne sont autres que le relief du sol, l'altitude, l'exposition, la composition chimique tant minérale qu'organique du terrain. Les premiers : relief, altitude, exposition, varient leur action suivant la latitude et suivant aussi la direction des vents dominants ; et l'auteur cite, à l'appui, ce qui se passe dans différents pays, principalement du Plateau central et de la région lyonnaise.

Parmi les facteurs *biotiques* ou *animés*, M. Roux distingue les influences des autres végétaux, herbacés ou ligneux, des animaux et enfin de l'homme, celui-ci agissant tantôt comme destructeur, tantôt comme conservateur ou propagateur. Nous n'entrerons pas dans le détail de cet excellent chapitre, où nous signalerons cependant, en passant, le paragraphe relatif à la symbiose mycotrophique et aux associations mycorhiziennes non seulement du sapin mais aussi des autres conifères et même de plusieurs arbres ou arbrisseaux feuillus. Nous relèverons toutefois, à propos de la soi-disant " Lutte du Sapin et du Hêtre ", une assertion des plus contestables à nos yeux.

" De toutes les plantes avec lesquelles le sapin peut se disputer le terrain, dit l'auteur, le hêtre est, sans contredit, la plus redoutable pour lui. " Affirmation beaucoup trop absolue

et que repousse, dans sa généralité, l'expérience pratique. L'auteur se fonde sur cette considération théorique que tous deux, hêtre et sapin, sont mycotrophes et manifestent à peu près les mêmes exigences quant aux conditions de chaleur, d'humidité et d'exposition.

D'ores et déjà, l'on pourrait logiquement conclure de cette similitude d'exigences, que ces deux essences doivent prospérer là où elles rencontrent ensemble les conditions de prospérité que toutes deux réclament. Mais il y a plus : sans nous prévaloir de nos observations personnelles durant trente-quatre années de service extérieur, nous pouvons citer deux autorités que ne récusera pas notre savant contradicteur : le *Cours de culture des bois* de Lorentz et Parade, qui préconise le mélange du sapin avec le hêtre comme des plus favorable à leur commune végétation (p. 269 et suiv. de la 5e édition), et *Le Traitement des bois en France*, de M. Ch. Broilliard, qui est également favorable à ce mélange (pp. 266-267 de la 2e édition). Il est vrai que les forestiers (et nous-mêmes avons été dans ce cas) dirigent les exploitations dans les forêts mélangées de sapin et de hêtre, autant que possible de manière à sacrifier le hêtre au profit du sapin. Mais le but de cette manière de faire n'a rien de cultural ; il est exclusivement économique, le sapin, à égalité de dimensions, ayant une valeur double et plus de celle du hêtre.

Le volume se termine par une Troisième Partie consacrée à une étude comparée du sapin avec les autres arbres, feuillus ou résineux, tant sous le rapport de la végétation que sous celui de la valeur marchande, suivie de quelques considérations sur l'utilité des forêts de conifères au multiple point de vue économique, climatologique, hygiénique et esthétique.

Une bibliographie des plus détaillées forme annexe à la fin du volume avec les cartes coloriées et dessins hors texte dont il a été parlé.

C. DE KIRWAN.

XIII

LES TREMBLEMENTS DE TERRE. GÉOGRAPHIE SÉISMOLOGIQUE, par F. DE MONTESSUS DE BALLORE. Préface par M. A. DE LAPPARENT, de l'Institut. Un vol. in-8° de 471 pages, 89 figures et 3 cartes. — Paris, Arm. Colin, 1906.

Les manuels, les traités, les atlas qui ne sont pas vieux de cinquante ans, nous montrent par des graphiques suggestifs la conception simpliste qu'on avait alors de la constitution interne du globe terrestre. C'était, pensait-on, un noyau igné fort important avec, par dessus, une croûte solide. Cette croûte subissait la poussée du magma en feu et toujours en travail, qui tantôt la bosselait en forme de montagnes, et qui tantôt parvenait à la déchirer et à s'épancher à la surface en coulées plus ou moins importantes. Le feu intérieur était le grand agent — si non l'unique — de tous les bouleversements de la surface terrestre et spécialement des tremblements de terre (séismes) qui si souvent répandaient la terreur et la mort.

Depuis lors, les choses ont singulièrement changé de face. La masse terrestre n'est plus cet édifice homogène où les strates s'étagent dans une régularité presque continue depuis le granit jusqu'aux alluvions modernes en passant par les témoins des âges successifs de la terre. Il ressort de la synthèse des progrès immenses de la Géologie, que l'ensemble du sol que nous foulons n'a aucune homogénéité et que l'on a bien fait de le comparer à une *marquetterie* dont les compartiments juxtaposés, différents de structure et de composition, ont joué les uns par rapport aux autres dans des proportions qui défient toute imagination. M. de Lapparent le dit fort à propos dans la préface de cet ouvrage : le *plancher des vaches* ne jouit nullement de cette stabilité indéfinie sur laquelle le vulgaire est si accoutumé à compter.

Au lieu d'une enveloppe boursouflée par des ardeurs internes, il semble bien plutôt que l'écorce terrestre soit une pelure toujours trop ample pour le noyau qu'elle recouvre. On conçoit ainsi qu'il se crée en dessous d'elle de fréquents *appels au vide*. L'écorce s'effondre d'une part et s'élève de l'autre : en un mot, elle se ride. Pour peu que la rigidité de la matière ou l'amplitude du mouvement ne répondent point aux exigences locales, il se forme des déchirures, voire des lignes de fracture, par où l'activité interne peut librement se manifester.

Il suit de tout ceci, que le volcanisme n'a pas avec les phénomènes séismiques le lien qu'on lui attribuait autrefois. Il n'est plus la *cause*, il devient un *effet*. Là où la croûte de la terre aura subi de tels entraînements qu'elle se sera profondément déchirée, il sera possible au feu intérieur de monter et de couler à la surface avec plus ou moins de continuité.

Les études de Suess, de Marcel Bertrand et de bien d'autres

ont solidement assis ces conceptions et leur ont fait prendre place dans l'enseignement d'aujourd'hui. Si fondées que soient ces conclusions, il est heureux de constater qu'un travail de pure statistique, conduit sans relâche pendant de longues années et fait en dehors de toute idée préconçue, vienne apporter un appui indiscutable à cet édifice scientifique.

Nous nous rappelons avec émotion la visite que nous fîmes, il y aura bientôt dix ans, aux précieuses archives de M. de Montessus. C'était à Vannes. M. de Montessus n'était pas encore géologue — et cela même donne une singulière valeur à son " travail de bénédictin „ fait en dehors de toute préoccupation pour assurer le triomphe de telle ou telle théorie. Notre confrère collectionnait les renseignements précis au sujet de tous les tremblements de terre. L'immense accumulation remplissait une bibliothèque couvrant tout un pan de mur. Chaque séisme s'y trouvait renseigné avec les meilleures sources et classé par distribution géographique. Comme séismographe, M. de Montessus n'était plus un inconnu. Grâce à sa prodigieuse connaissance des langues, il avait pu recueillir ses renseignements aux quatre coins du monde et en publier déjà les synthèses locales dans la langue même de chaque pays.

La statistique était mûre. Elle était si complète qu'il s'en dégageait déjà comme l'indication d'une portée plus large. L'auteur sentait que pour faire porter tous les fruits à ses efforts il fallait un nouveau travail. Le travail ne l'a jamais effrayé. Il se mit donc à approfondir la géologie.

A mesure que sa science s'éclairait, il comprit qu'il fallait superposer ses documents statistiques aux données fournies par les cartes et les descriptions géologiques des différentes régions du globe.

Cette méthode était la bonne : elle devait aboutir à mettre définitivement en lumière la connexion intime qui existe entre la structure tectonique de la terre et la répartition des séismes à sa surface.

La contraction du noyau intime de la terre, nous le disions tout à l'heure, amène la croûte solide à se plisser et se fracturer dans un mouvement proportionnel. Et l'on conçoit aisément que les matériaux rigides qui la constituent ne puissent pas subir des froissements aussi profonds sans que des ébranlements se manifestent dans toute la masse : sans qu'il se produise des *tremblements de terre*. D'autre part, les lignes suivant lesquelles se sont une fois produits des plissements et des déchirures sont

et restent des points faibles, aux environs desquels des mouvements consécutifs pourront continuer à se produire plus aisément. C'est le principe de la *survivance des plissements* si manifestement établi et si lumineusement confirmé par l'ouvrage qui nous occupe.

Mais passons à l'ouvrage lui-même. L'introduction est si bien faite, elle synthétise si nettement l'ensemble du travail, que nous en conseillons vivement la lecture à tous ceux qu'on appelait pittoresquement autrefois les *Naturae curiosiores*. Un coup d'œil aux deux premières planches hors texte en fera ressortir l'intérêt.

L'étude d'ensemble du globe a amené le géologue à y tracer les lignes de grands cercles (géosynclinaux) suivant lesquelles les mouvements tectoniques plus récents se sont davantage accusés. Il y a le cercle alpin ou méditerranéen, le cercle circumpacifique et l'amorce d'un troisième que M. de Montessus appelle mozambique. Or il s'est fait — et c'est là le résultat qui est le plus d'intérêt général — que sur les 171 000 séismes étudiés par l'auteur, plus de 90 % viennent se placer dans cette région des hauts profils dont la géologie affirme l'instabilité. Répétons aussitôt — afin de bien mettre en lumière cette nouvelle idée — que si les volcans actifs se localisent également sur le même tracé, ce n'est point qu'ils soient en rien la cause ni de la surrection des chaînes, ni des ébranlements séismiques, mais tout simplement, parce qu'ils ne peuvent exister que là où la croûte terrestre est assez déchirée pour permettre aux masses ignées internes de se manifester.

Si nous comparons maintenant les observations recueillies sur les diverses aires ainsi dessinées sur la surface terrestre, il appert que le grand massif appelé par l'auteur le continent Nord-Atlantique est d'une stabilité relative des plus suggestive. Ce sont les grands massifs calédoniens et hercyniens, les premiers plissés à l'aurore des temps géologiques qui ont eu le temps de se tasser et ne manifestent plus que par de rares secousses le souvenir de leur antique vie, pour ainsi dire épuisée.

Il en va tout autrement du géosynclinal alpin où les chaînes de montagnes se sont constituées bien plus récemment. Là, les mouvements séismiques doivent être plus intenses et plus nombreux : la théorie le veut et l'observation le confirme.

Une observation analogue s'impose pour toute la bordure du grand effondrement pacifique. Si ce mouvement semble s'être dessiné dès le début de l'histoire géologique du globe, il n'en

reste pas moins évident que sa *survivance* est des plus active. Les bourrelets de montagnes qui le bordent tout le long de l'Amérique, nous le prouvent sans conteste et les lamentables désastres de San Francisco et du Chili sont venus, terribles, en établir hier encore la réalité.

Le texte aussi bien que les planches nous suggèrent d'intéressantes réflexions au sujet du géosynclinal mozambique. Il n'est qu'amorcé et se dirige par deux bouts vers les terres antarctiques. Là doit se trouver le nœud de la question. Les études polaires nous ont déjà habitué à considérer bien différemment les deux pôles du globe. Les considérations séismologiques nous conduisent aux mêmes conclusions. Si le Pôle Nord est solidement assis en pleine région stable, le Pôle Sud doit plutôt être sur le passage d'un mouvement géosynclinal qui irait de l'Afrique orientale vers le Brésil.

Nous signalons ces vues générales aux lecteurs instruits. Les géologues de profession trouveront des jouissances spéciales à parcourir la partie statistique — la plus importante — de l'ouvrage de M. de Montessus. Les limites d'un compte rendu nous interdisent d'entrer dans tant de détails. Un exemple fera comprendre la portée de notre invite. On sait qu'en très grands traits la structure du massif armoricain se réduit à des plissements presque équivalents qui juxtaposent du Nord au Sud trois lignes de faîtes sensiblement E.-W. Il est patent que les points faibles de ce massif seront les charnières (anticlinales ou synclinales) de ce plissement. Or, c'est précisément selon ces lignes que sont venus se disposer les plus nombreux et les plus accentués des séismes dont M. de Montessus a recueilli l'histoire en Bretagne.

Pour finir, il faudra bien dire un mot de critique : il est regrettable que M. de Montessus soit venu sur le tard à la géologie. Mais on ne remarque cette lacune que dans des points de si faible importance que ce serait ingrat à nous de le reprocher à l'auteur, lorsqu'il est venu enrichir notre science d'un ouvrage de si grand mérite et d'une portée théorique si appréciable.

G. Schmitz, S. J.

XIV

LES RÉVÉLATIONS DE L'ÉCRITURE D'APRÈS UN CONTRÔLE SCIENTIFIQUE, par ALFRED BINET, directeur du Laboratoire de Psychologie physiologique à la Sorbonne. Un vol. in-8° de VIII-260 pages (de la *Bibliothèque de Philosophie contemporaine*). — Paris, Alcan, 1906.

Dans le numéro d'avril 1897 de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1), nous avons rendu compte de l'ouvrage de M. Crépieux-Jamin sur l'*Écriture et le Caractère*. Celui de M. Binet, que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui, roule à peu près sur le même sujet, mais le caractère en est bien différent. Tandis que M. Crépieux-Jamin est un des maîtres de la graphologie et enseigne ce qu'il est convaincu être une science, M. Binet s'abstient systématiquement de faire acte de graphologue et a donné pour objet à ses études de soumettre à une série d'épreuves méthodiques un certain nombre de graphologues distingués. Il s'est appliqué à déterminer dans quelle mesure ceux-ci sont capables de reconnaître le sexe, l'âge, l'intelligence et le caractère des sujets.

Pour le diagnostic du sexe, il n'a été remis aux experts que des enveloppes de lettres, afin d'éviter que le contenu de celles-ci pût donner des indices étrangers à l'écriture. Mais cette précaution même n'est pas suffisante, car une lettre adressée à une femme, par exemple, a plus de chance d'avoir été écrite par une femme qu'une lettre adressée à un homme. M. Binet a donc eu soin d'équilibrer plus ou moins à ce point de vue les enveloppes des diverses sortes ; toutefois l'équilibre est assez loin d'être parfait : 37 adresses de femme à homme balancent assez bien 47 adresses de femme à femme, mais il n'y a que 22 adresses d'homme à femme contre 68 d'homme à homme.

M. Binet reproduit les renseignements que lui ont donnés ses experts sur les signes servant à fonder leur appréciation ; mais, ne pouvant étendre indéfiniment ce compte rendu, nous nous bornerons à résumer les résultats, que l'on doit rapprocher de la proportion des succès qu'aurait dû donner un tirage au sort, c'est-à-dire de 50 %. Le pourcentage des succès de M. Crépieux-Jamin est de 78,8 et celui de M. Eloy de 75.

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XLI, pp. 632-657.

Ajoutons que des ignorants soumis à la même épreuve ont *tous* obtenu plus de 50 % de succès. généralement entre 63 et 73, ce qui montre que, inférieurs à des graphologues émérites, ils en approchent cependant parfois d'assez près.

Notons enfin qu'il paraît assez aisé de dissimuler son sexe au moyen d'une écriture falsifiée.

La détermination de l'âge soulève une difficulté particulière : l'âge psycho-physiologique et l'âge résultant de l'acte de naissance peuvent ne pas coïncider, et alors le graphologue paraîtra se tromper alors que son diagnostic aura été irréprochable. A l'occasion de cette difficulté, M. Binet nous paraît être tombé dans une erreur que nous croyons devoir signaler : " Nous n'avons pas, dit-il, à nous inquiéter de ces difficultés, puisque nous opérons seulement sur des moyennes. C'est l'âge de 100 personnes au moins que nous demandons aux graphologues de déterminer ; nous n'attachons pas d'importance aux cas particuliers, mais seulement à la moyenne centennale. Or cette méthode corrige en quelque sorte automatiquement les erreurs provenant des écarts entre les âges physiologiques et les âges de l'état civil. Si certains de ceux qui ont écrit les adresses sont plus jeunes que leur âge, d'autres sont plus vieux, et avec un nombre suffisant de documents, ces écarts de signe contraire se compensent. Admettons, par exemple, que sur dix vieillards de 60 ans, il y en ait 5 dont l'âge physiologique soit de 55 ans, et 5 dont l'âge physiologique soit de 65 ans, tout se passe, au point de vue des moyennes, comme si ces dix vieillards avaient physiologiquement 60 ans. „

En lisant pour la première fois ce passage, nous avons été bien surpris, car il signifie positivement que, dans ses épreuves graphologiques, M. Binet va se borner à rapprocher l'âge moyen des sujets de la moyenne des âges diagnostiqués. Or une pareille méthode serait inadmissible au premier chef, car la compensation des erreurs véritables se ferait comme celle des divergences entre âges physiologiques et âges réels, et le plus habile des graphologues courrait grand risque de ne pas l'emporter sur le hasard. Peut-être même aurait-il chance de lui rester inférieur, car il pourrait se faire qu'il commît quelque erreur systématique que la prise des moyennes n'éliminerait pas. Aussi M. Binet n'a-t-il pas procédé ainsi et a-t-il toujours fait état des erreurs absolues. Il semble donc avoir été victime du mot " moyenne „, qui se retrouve bien le même des deux côtés, mais s'applique

d'une part, aux âges réels et, d'autre part, non aux âges diagnostiqués, mais aux erreurs absolues qui ont été commises.

Cette erreur de M. Binet n'a d'ailleurs pas de gravité ; mais il reste que l'écart entre l'âge physiologique et l'âge réel fait ressortir à la charge des graphologues des erreurs dont ils ne sont pas responsables.

Cette question de l'âge pose d'ailleurs un problème fort délicat: on ne peut comparer à un tirage au sort le fait de deviner des âges au hasard, car une foule d'habitudes mentales interviennent dans cette dernière opération. Voici donc ce qu'a fait M. Binet : il a calculé les écarts entre l'âge réel des sujets et l'âge attribué par un expert au sujet dont l'enveloppe portait le numéro précédent. Cette opération, faite sur les séries de M. Crépieux-Jamin, a donné un écart moyen de 15 ans 7 dixièmes, chiffre qu'on considérera comme l'écart moyen que produirait le hasard. C'est de ce chiffre qu'on doit donc rapprocher les écarts moyens suivants, répondant aux diagnostics des deux graphologues soumis à l'expérience.

M. Crépieux-Jamin, 10 ans 2 dixièmes ; Mme H., 14 ans 77 centièmes. Les ignorants ont été plus habiles que cette dernière : leurs écarts ont varié de 10,6 à 14,5. Tous, doctes et ignorants, ont tendance à se rapprocher de la moyenne des âges possibles (30 à 40 ans), ce qui doit provenir d'une certaine prudence.

Ajoutons que les épreuves ont eu lieu sur de simples enveloppes, les mêmes que pour le sexe.

Pour l'appréciation de l'intelligence, il est nécessaire de disposer de documents plus étendus que de simples adresses ; mais ici un autre danger apparaît dans le contenu de la lettre, qui peut révéler bien des choses. Il est vrai que les graphologues déclarent parfois ne pas lire les documents qui leur sont soumis, parce que cela les troublerait ; mais il est bien difficile d'admettre qu'habituellement le contenu du texte étudié leur demeure inconnu. Quoi qu'il en soit, et quelque soin qu'il ait pris, M. Binet n'a pas toujours su éviter cet écueil : une lettre de M. Brunetière donne rendez-vous " au bureau de la Revue " et indique son adresse particulière ; M. Buisson parle de sa " conférence fermée de pédagogie ", et Meilhac de la prochaine première d'une de ses pièces.

Deux séries d'épreuves ont été faites : dans la première, on avait formé des couples de documents émanant d'un homme supérieur et d'un homme d'intelligence moyenne, et il s'agissait de les distinguer, l'expert sachant comment avaient été formés

les couples. Dans l'autre série d'épreuves, on lui soumettait des documents analogues aux précédents, mais inégalement distribués entre diverses collections.

Sur 36 couples étudiés environ, le pourcentage des succès a été le suivant : M. Crépieux-Jamin, 91,6 ; M. Humbert, 85,7 ; M. Vié, 82,8 ; les autres graphologues, de 80 à 61 (M. Paulhan, 86).

L'épreuve des collections fut faite au moyen de 33 écritures de supérieurs mélangées à 30 écritures de moyens. M. Crépieux-Jamin a réalisé un pourcentage de succès égal à 77, M. Vié un pourcentage de 76, M. Eloy de 70. En faisant certaines corrections interprétatives, on ferait monter le chiffre de M. Crépieux-Jamin à 87 et celui de M. Eloy à 81.

Nous ne nous arrêterons pas sur les portraits graphologiques, très intéressants à étudier, mais à propos desquels il est difficile de résumer. Au contraire, il nous faut parler des pièges tendus par M. Binet à quatre de ses collaborateurs. Il leur écrivit que, pour tels et tels couples d'écritures, ils s'étaient complètement fourvoyés. Cette déclaration était véridique deux fois sur quatre, fausse pour les deux autres couples. M. Crépieux-Jamin reconnut ses deux erreurs, en plaidant les circonstances atténuantes ; mais il protesta avec vivacité dans les deux autres cas, et tout cela est à son grand honneur. M. Paulhan résista de même énergiquement les deux fois où il avait raison, mais eut bien de la peine à se rendre dans les deux autres cas. Quant aux deux derniers graphologues, ils s'empressèrent de se rectifier uniformément.

Les ignorants en graphologie ont encore, à propos de l'intelligence, remporté des succès dont certains pourraient faire envie aux graphologues ; malheureusement leurs épreuves n'ont pas été directement comparables à celles de ces derniers. Mentionnons toutefois que Mme B., soumise à l'épreuve des couples, obtint 80 % de succès.

M. Binet a éprouvé toute la difficulté qu'il y a à contrôler des portraits graphologiques de caractères en les comparant à ses appréciations personnelles. Aussi a-t-il adopté une autre méthode : à des écritures de braves gens qu'il connaissait bien, il a mélangé celle de grands criminels et, sans rien dire de cela à ses experts, leur a demandé de faire le portrait complet des caractères en insistant surtout sur les qualités de bonté, de douceur..., et sur les qualités contraires.

Par cette méthode M. Binet a obtenu une série de portraits assez flatteurs de Vidal, le tueur de femmes : M. Eloy a cru

qu'il s'agissait de M. Binet jeune : seul M. Crépieux-Jamin l'a assez bien jugé. Dans le parricide Caron, M. Vié a découvert une jeune fille douce et modeste ! Somme toute, M. Crépieux-Jamin a donné, pour 11 assassins, 7 diagnostics très satisfaisants et 4 manquant vraiment de la sévérité nécessaire. Groupés par couples, les criminels et les braves gens ont donné lieu, de la part du même expert, à 8 succès et à 3 échecs, soit 73 °/₀ de succès ; MM. Vié et Eloy n'ont obtenu, tous deux, que 54,5 °/₀, ce qui est vraiment bien peu. En somme, il semble que le caractère soit bien moins révélé que l'intelligence par l'écriture.

Si l'on considère l'ensemble des résultats obtenus par M. Binet, on ne peut se soustraire à l'impression que la graphologie repose sur une base sérieuse, mais qu'on est bien loin d'être arrivé à des résultats régulièrement exacts : la *science* de la graphologie est donc loin d'être réellement constituée. Mais il y a plus : on peut se demander si la graphologie n'est pas restée à l'état d'*art*, un art dont M. Crépieux-Jamin serait le virtuose.

Un premier fait qui conduirait à cette conclusion consiste dans les succès nombreux d'ignorants en graphologie : si, somme toute, les ignorants restent inférieurs aux experts, cela est fort naturel en toute hypothèse, car on se perfectionne dans tout art par l'exercice, et de plus il y a chance pour que ceux qui s'adonnent à l'étude de la graphologie soient mieux doués que la moyenne à ce point de vue.

Une autre raison d'éprouver des doutes est apparue à M. Binet, comme elle nous était apparue à nous-mêmes, et l'étendue de ses observations lui donne une grande force : c'est que l'on ne saisit guère comment les conclusions découlent des prémisses, ou, plus clairement, comment de l'analyse des signes on passe au portrait psychologique (1). Dans notre compte rendu de 1897, nous avons indiqué un procédé qui permettrait peut-être de reconnaître si véritablement ce passage est légitime ou si en réalité le graphologue s'appuie sur des impressions non systématisées. Il faudrait disposer de deux graphologues habiles, dont l'un procéderait à l'analyse des signes et dont l'autre, sans voir l'écriture, donnerait l'interprétation de cette

(1) Un fait relevé par M. Binet et qui complique la question consiste dans le désaccord de certains graphologues sur l'interprétation psychologique d'un même signe : ainsi une écriture grande révèle de l'imagination à M. Crépieux-Jamin et de la gaucherie à M. Paulhan.

analyse. Il serait bien intéressant que M. Binet pût procéder à cette expérience, à laquelle il serait peut-être singulièrement difficile d'amener deux graphologues à se prêter.

Quoi qu'il en soit, on a pu se rendre compte du haut intérêt du livre de M. Binet, qui nous donne tout au moins une impartiale et méthodique enquête sur les résultats actuellement obtenus par la graphologie.

G. LECHALAS.

XV

L'OBJET DE LA MÉTAPHYSIQUE SELON KANT ET SELON ARISTOTE, par C. SENTROUL, Docteur en Philosophie. Un vol. in-8° de XII-240 pages. — Louvain, Institut supérieur de Philosophie, 1905.

M. Sentroul aurait pu, tout aussi bien, intituler sa thèse " La Connaissance selon Kant et Aristote ", ou plus simplement encore " Kant et Aristote ", car, en réalité, ce qu'il étudie ce n'est rien moins que la méthode, les principes premiers et les conclusions spécifiques des deux grandes philosophies qui à l'heure présente se disputent l'empire des esprits. La comparaison de Kant et d'Aristote avait été faite déjà, mais par un Kantien. " Peut-être fallait-il la refaire ", remarque M. Sentroul. Surtout, ajouterons-nous, fallait-il qu'elle fût refaite par un philosophe scolastique; mieux encore, par un scolastique appartenant à l'École de Louvain. M. Sentroul représente admirablement l'esprit et les tendances de l'Institut supérieur de Philosophie; c'est assez dire qu'outre l'intérêt documentaire qui s'attache à toutes les productions de l'Institut, cette thèse se recommande encore par sa réelle solidité et ses mérites intrinsèques.

Au premier rang de ceux-ci nous plaçons le souci de la mise au point, et la bienveillance dont M. Sentroul se montre généreux vis-à-vis de l'adversaire. Il lui prouve son loyal respect, tout d'abord par le soin qu'il apporte à l'étudier et l'effort qu'il consacre à fouiller tous les recoins de sa pensée; ensuite, en lui faisant l'honneur de le prendre au sérieux. M. Sentroul ne pense pas qu'il suffise d'y aller d'une chiquenaude ou d'un souffle pour renverser Kant. Il n'imagine pas que le Kantisme

sorte tout entier d'une misérable confusion de définitions logiques qu'on ne pardonnerait pas à un commençant. Il reconnaît hautement les bons services rendus par Kant à la philosophie : " Chez Kant seulement le problème du vrai a été envisagé en face, retourné sous tous ses aspects, sondé dans toutes ses profondeurs, contrôlé par toutes les pierres de touche " (p. 38). Il n'hésite pas non plus à produire sa sympathie : " Kant s'est appliqué à l'étude des faits et des sciences, il a entretenu commerce avec tous les grands esprits, il a recouru à la vigueur de la réflexion la plus concentrée, il s'est soutenu par une indéfectible patience, mais surtout par une rare loyauté d'esprit, et une droiture de cœur plus rare encore. C'est de la sorte qu'il a édifié l'œuvre massive qui jalonne l'histoire des idées " (p. 237).

Ce qui n'empêche pas l'auteur d'être un adversaire irréductible, passionné même par endroits. Il a beau protester dans sa préface : " Nous ne plaidons pas, nous exposons. Et dans cet exposé nous ne croyons pas avoir été aveuglé par nos préférences ", son livre est à la fois un plaidoyer et un réquisitoire. Kant sert de repoussoir. En définitive, on garde l'impression que pour M. Sentroul le principal mérite de Kant est d'avoir fourni l'occasion d'aiguiser à neuf la définition de la vérité : " Résultat assez mince d'un laborieux et titanesque effort ! " (p. 237). Non vraiment, on ne trouvera pas dans ce livre les deux lignes qui pourraient faire pendre son auteur sous l'inculpation " d'infiltration kantienne ! "

La page suivante, que nous transcrivons de la préface, est très suggestive, et suffit à elle seule à renseigner sur la méthode, la manière et les conceptions de M. Sentroul. " Le plan que nous avons suivi s'indiquait. On ne peut comprendre ce que c'est que la *Métaphysique*, surtout s'il s'agit de métaphysique kantienne, à moins qu'on ne comprenne d'abord ce que c'est que la science. Or, la notion de *Science* suppose celle de *Vérité* et de *Réalité*. De là quatre chapitres fondamentaux sur les notions kantiennes de la vérité, de la réalité, de la science et de la métaphysique, précédés d'un aperçu synthétique sur *le kantisme en général*. Nous n'avons consacré à Aristote que deux chapitres. D'une part, le dogmatisme aristotélicien ne disjoint pas, comme le fait Kant, la notion de *Vérité* d'avec celle de *Connaissance du réel*. D'autre part, et en somme pour les mêmes raisons, il n'établit pas entre la science et la métaphysique les différences que relève le Kantisme. Le chapitre consacré au dogmatisme aristotélicien nous ne l'avons pas intitulé

la question de la vérité selon Aristote, parce que la position de cette question comporte peut-être une nouvelle mise au point. Nous l'avons traitée avant d'aborder le Kantisme : ce qui, à nos yeux, est la vraie solution du problème est antérieur à l'examen d'une solution particulière. „

Ce " plan „ soulève bien quelques objections. Ce procédé par échelons : vérité, réalité, science, métaphysique, n'est-il pas trop exclusivement *discursif* ? La méthode employée par M. Sentroul, ne l'amènera-t-elle pas à se donner l'air de marcher, tout en restant en place ? Est-il d'ailleurs bien exact que le Kantisme tienne essentiellement dans une définition inadéquate de la notion *vérité* ? Et si par hasard Kant avait remarqué que la connaissance *humaine*, outre un élément objectif qu'il n'a jamais songé à contester, contient encore un élément subjectif indéniable, qu'il y a lieu par conséquent d'en tenir compte *méthodiquement*, n'aurait-il pas mieux valu partir de là, et débuter par ce qui est la conclusion trop peu préparée du livre : " Kant rentre dans le groupe qui veut concilier l'idéalisme et l'empirisme „ (p. 239)? Mais combien de fois Kant lui-même n'a-t il pas répété que le point de départ de ses recherches est le problème posé par Hume ? Que dire enfin de cette juxtaposition, point par point, d'Aristote et de Kant, qui se prolonge pendant plus de 200 pages ? Pour comprendre et juger un système, il faut, semble-t-il, le comparer, non pas avec quelque autre système, mais avec la réalité, ou, si l'on veut, avec les données premières dont il prétend fournir l'explication. En d'autres termes, il faut *deviner* la vérité, entrevue au moins confusément, qui se cache sous les formules inadéquates et embarrassées du système. Si donc M. Sentroul se borne à comparer Kantisme et Aristotélisme, il restera prouvé, mais cela seulement, qu'au point de vue où l'Aristotélisme cesse d'être un système, le Kantisme n'a plus aucun sens.

Le livre de M. Sentroul n'en atteint pas moins son but, puisqu'il fait réfléchir et qu'il pose des problèmes. Il est peu de pages qui ne contiennent quelque aperçu intéressant. Qu'on lise, par exemple, le paragraphe consacré à la prétendue opposition qui existerait entre la métagéométrie et la doctrine kantienne de l'espace. Non seulement cette opposition est chimérique (distinguer *intuition* et *objet de pensée)*, mais de plus " l'explication la plus obvie de la métagéométrie est celle qu'on tirerait du Kantisme (p. 176) „. " A la vérité, la métagéométrie constitue,

pour ceux qui refusent d'adhérer au Kantisme, une difficulté sérieuse, mais non insoluble (p. 175). „ — Pourquoi ? Les explications de l'auteur manquent de netteté. Que M. Sentroul se donne la peine de tirer au clair son *impression ;* à coup sûr il débrouillera le problème.

P. S.

XVI

R. P. Martin Hagen, S. J. Lexicon Biblicum. Volumen primum, A.-C., 1040 colonnes, in-8°. — Paris, Lethielleux, 1905.

Le *Cursus Scripturae Sacrae* des Pères Jésuites allemands doit comprendre, outre les commentaires proprement dits, tous les accessoires utiles ou nécessaires aux travailleurs. C'est ainsi qu'une concordance des textes a déjà vu le jour ; un dictionnaire hébraïque est en préparation, et le lexique biblique, dont le premier volume vient de paraître, promet de s'achever assez rapidement. L'ouvrage complet aura trois volumes. La rédaction en a été confiée au R. P. Martin Hagen.

Tous les renseignements que l'érudition la plus variée peut rassembler dans le domaine de l'archéologie, de l'histoire, de la géographie, des sciences naturelles, etc., se trouvent condensés ici dans un nombre de pages relativement restreint. Une bibliographie très soignée accompagne la plupart des articles. Quant à la sûreté des informations, il suffit de citer les noms des collaborateurs que le R. P. Hagen s'est adjoints. Nous y remarquons les noms des RR. PP. Knabenbauer, Fonck, Zorell et Deimel.

Les questions d'introduction générale et spéciale ont été systématiquement écartées du lexique du R. P. Hagen : elles sont supposées résolues dans les trois premiers volumes du *Cursus,* dus à la plume du R. P. Cornely. En théorie, on peut admettre qu'un lexique ne doit pas faire double emploi avec une *Introduction ;* en pratique on peut se demander peut-être, si toutes les opinions critiques, soutenues jadis par le R. P. Cornely, seraient maintenant encore défendues avec la même conviction. La récente réponse de la commission biblique ne sanctionne pas toutes les vues que le savant exégète avait exprimées sur la composition du Pentateuque. Le R. P. de

Hummelauer, à qui le *Cursus* est redevable de plusieurs volumes fort estimés, ne les avait guère partagées non plus ; et dans le camp des théologiens catholiques il n'est pas seul de son avis. Le R. P. Hagen s'est peut-être un peu trop effacé devant les écrits de ses devanciers.

Malgré l'exclusion voulue des questions d'introduction, tout le volume dénote une tendance très conservatrice. Les idées moins sévères de plusieurs exégètes catholiques n'ont eu aucune influence sur la rédaction de l'ouvrage.

S. E.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

LE CONGRÈS INTERNATIONAL DES CHIMISTES A ROME
(avril-mai 1906)

—

Le premier Congrès de chimie appliquée fut tenu à Bruxelles, du 4 au 11 août 1894, sous la présidence d'honneur de M. Léon De Bruyn, ministre de l'agriculture, à l'initiative des sociétés des fabricants de sucre de Belgique et surtout de l'ancienne Association belge des chimistes, qui avait alors pour président M. le professeur Hanuise et pour secrétaire général, M. Sachs.

Plus tard, en 1903, ce Congrès fut organisé d'une façon grandiose par les chimistes de Berlin et le Congrès de Rome dépassa toutes les espérances, car on vit affluer plus de deux mille congressistes dans les superbes locaux du nouveau Palais de Justice, dont l'inauguration coïncida avec celle du Congrès.

Voici en quels termes M. Sachs résume, dans le journal La Sucrerie belge, les résultats de ces assises scientifiques :

L'industrie du sucre de betteraves, dont on avait cru longtemps l'introduction en Italie impossible, s'est développée depuis quelques années, de façon que l'importation de sucres étrangers a complètement cessé et que la production dépasse même les besoins, malheureusement encore bien faibles, de la consommation italienne. Nous envisageons ce développement sans aucun ombrage, parce que nos collègues italiens, en adhérant à la Convention de Bruxelles, se sont interdit toute exportation de sucre, et aussi parce que l'initiative belge, en participant à la création de sucreries en Italie, en retire également quelques avantages.

Aussi avons-nous été heureux de trouver une réception très cordiale de la part des fabricants de sucre italiens, et notamment de M. Maraïni, membre de la Chambre des représentants et président du Syndicat des fabricants de sucre italiens, qui nous a fait connaître lui-même l'histoire de l'industrie sucrière en Italie. Ajoutons que nos collègues italiens d'origine belge et en premier lieu M. Wanlin, directeur de la sucrerie de Foligno, ont fait tout ce qui était en leur pouvoir pour nous rendre le séjour en Italie aussi utile et agréable que possible. Personnellement nous avons été touchés aussi par la grande amabilité qui nous a été témoignée par le président du Congrès M. Paterno, et le secrétaire général, M. le professeur Villavecchia, qui a été en même temps président du Comité d'organisation de la Section V (sucrerie). Nous leur devons même l'honneur d'avoir été reçus au Quirinal par LL. MM. le Roi et la Reine d'Italie, qui avaient déjà témoigné l'intérêt qu'ils attachaient au Congrès, en assistant à son ouverture au Palais de Justice de Rome, vaste bâtiment mis entièrement à notre disposition.

Notons encore les réceptions nombreuses auxquelles les membres du Congrès ont été invités, telles que celle de la Municipalité de Rome au Capitole (Campidoglio), du ministre de l'instruction publique à Tivoli, du Comité au Palatin, de l'Association artistique internationale, de M. Maurice Deutsch, etc., sans oublier naturellement le banquet traditionnel.

A l'ouverture du Congrès, c'est M. Proost, directeur général du ministère de l'agriculture, qui a pris la parole au nom de la Belgique. Il a rappelé la part qu'il avait prise au premier Congrès de chimie appliquée tenu à Bruxelles en 1894 (auquel il a rendu, disons-le en passant, un service important, quoique ignoré). Il a fait l'éloge en particulier des officiers italiens, qui ont établi pour leurs soldats des cours populaires d'agriculture, de façon que le service militaire est pour le fils du paysan une école qui l'entraîne à améliorer le travail de la terre, au lieu de le déserter. C'est un exemple que les autres pays feraient bien de suivre, pour conjurer la dépopulation des campagnes, *qui devient un véritable péril social.* En dehors des 11 ou plutôt 16 sections, qui ont tenu des réunions nombreuses au Congrès de Rome, nous devons aussi mentionner les Conférences données en assemblée générale, parmi lesquelles nous signalons surtout celle de M. le Dr A. Franck (Charlottenburg), sur l'emploi direct de l'azote atmosphérique pour la production d'engrais et d'autres produits chimiques, et de Sir W. Ramsay (Londres) sur l'épura-

tion des eaux d'égout. M. le professeur H. Moissan (Paris) a obtenu aussi un vif succès par la communication de ses travaux sur la distillation des métaux qui lui ont permis de calculer approximativement la température du soleil *(un peu plus de 3000° C.)*.

Finalement, il a été décidé de tenir le prochain Congrès de chimie appliquée à Londres en 1909.

Le BULLETIN DE LA SUCRERIE BELGE (1) contient les comptes rendus détaillés des délibérations de la section de sucrerie organisée par le professeur Villavecchia, secrétaire général du Congrès. Nous nous bornerons ici à signaler ce qui nous a paru de nature à intéresser nos lecteurs au point de vue de l'hygiène publique et privée et de l'agriculture.

La commission internationale pour l'unification des méthodes d'analyse des denrées alimentaires fut présidée brillamment par M. J.-B. André, inspecteur général au ministère de l'agriculture, délégué du gouvernement belge.

Dès le Congrès de Paris de 1896, dit le journal L'ITALIE, M. le professeur Puitti, de l'Université de Naples avait proposé l'institution de cette commission qui, si elle reçoit des pouvoirs officiels des divers gouvernements, rendra les plus grands services à l'alimentation de l'homme. On peut en dire autant au point de vue de l'alimentation des plantes et des animaux ; la commission internationale des fourrages et des engrais artificiels ou commerciaux siégea également à Rome sous la présidence du Dr Grueler de Suède. Ce n'est que lorsque les chimistes des diverses nations se seront enfin mis d'accord pour adopter des méthodes d'analyse uniformes que l'on verra cesser la *confusion des langues* qui empêche les analystes de s'entendre et de venir en aide, comme il convient, aux Gouvernements désireux de réprimer la fraude.

On connaît les efforts persévérants tentés dans cette voie, depuis la création de notre ministère de l'agriculture, tant au service de l'hygiène par M. l'inspecteur J.-B. André, que de l'agriculture proprement dite, par M. Proost.

M. le professeur Villavecchia a proposé au Congrès de Rome d'émettre le vœu que les administrations financières et douanières des différents États s'accordent entre elles pour unifier les méthodes d'analyse de tous les produits qui font

(1) Livraisons de juin, juillet, août : BULLETIN DE LA SUCRERIE BELGE, Bureau, rue Hydraulique, 21, Bruxelles.

l'objet d'échanges commerciaux et particulièrement des produits sucrés (adopté à l'unanimité) (1). Les travaux de la section I *(Chimie analytique)* ont particulièrement mis en lumière les progrès de ces méthodes de mesures, dont la précision a souvent peu de chose à envier aux mesures astronomiques. La chimie analytique est le pilier sur lequel repose la chimie tout entière, et chaque jour pour ainsi dire voit naître un réactif nouveau ou une modification heureuse d'un procédé déjà connu.

" Vu que les cultivateurs ne connaissent pas généralement les effets de l'effeuillage sur la qualité et la quantité des betteraves, la Ve section engage les personnes qui donnent l'instruction agricole à faire connaître ces effets nuisibles à l'intérêt des cultivateurs comme des fabricants de sucre. „ " Le Congrès reconnaît que la seule méthode pratique pour le dosage direct du sucre dans la betterave est la méthode aqueuse à chaud ou à froid, dite de Pellet, et que la méthode par digestion alcoolique doit être complètement supprimée. „

La question des sucres intéresse au plus haut point l'hygiène et l'agriculture depuis que l'on connaît les précieuses propriétés alimentaires de ce principe immédiat qui engendre la chaleur et le mouvement, sans surcharger les organes digestifs. Le sucre étant descendu aujourd'hui de un franc à 50, à 60 cent. le kilo, est devenu un *aliment économique* à la portée de toutes les bourses.

On a calculé, en effet, que 100 kilos de sucre donnent 200 unités nutritives, tandis que 100 kilos de pommes de terre n'en donnent que 26,8. Il faut 750 kilos de pommes de terre pour fournir le même nombre d'*unités nutritives*, que 100 kilos de sucre de betterave en admettant que la fécule de pommes de terre s'assimile aussi bien que la saccharine ; or, il est prouvé que la pomme de terre constitue pour un grand nombre de personnes un aliment indigeste, qui engendre la dilatation d'estomac et des perturbations intestinales, surtout dans les pays chauds. " En Arabie, dit M. L. Wery, pays de la canne à sucre, on voit le peuple sucer un bout de canne à sucre pour toute nourriture.

(1) " Ce vote unanime met parfaitement en lumière l'utilité des Congrès internationaux de science appliquée. M. Pellet a proposé aussi, comme on l'a fait en Belgique pour l'étude des sols et des engrais (voir plus loin), de nommer des commissions nationales, composées de délégués des gouvernements, des sociétés agricoles, des chimistes, etc. „ ; chacune de ces commissions ferait partie de la commission internationale qui prendrait les résolutions définitives.

Les coureurs, esclaves qui font journellement des étapes qui nous épouvanteraient ne se nourrissent que d'une poignée de dattes, fruit essentiellement sucré. „ Ces faits confirment rigoureusement les données publiées dans cette REVUE depuis trente ans (voir nos chroniques agricoles) et qui étaient jadis fort discutées dans le monde des agronomes et des hygiénistes (1).

M. F. Dupont (de Paris) a présenté un intéressant mémoire sur la quantité de sucre produite par un hectare. Cette quantité de sucre s'obtient en multipliant le poids de betterave par la richesse en sucre ; elle varie de 2500 jusque 8000 kilos, elle est en moyenne de 3000 à 5000 kilos.

La canne à sucre donne en Égypte de 6000 à 8000 kilos par hectare, à Java 10 à 14 000, aux îles Havij jusque 25 000 kilos.

La betterave à sucre donne plus dans le midi que dans le nord de l'Europe, parce que la température est supérieure durant la végétation, d'un bon nombre de calories (40 à 60 000 kilos par hectare avec 15 à 16 °/o de sucre).

Dans son discours d'ouverture, le Président, M. le professeur Paterno, sénateur, a rapidement établi la portée immense de la chimie appliquée dans l'existence sociale pour la prospérité des peuples. C'est pourquoi il salue avec joie cette réunion, car, selon le mot de Humbold, *à mesure que les relations entre peuples s'accroissent, la science gagne en intensité et en profondeur.* Ces congrès ont, en effet, pour but de rendre plus parfaite l'union de la science et de la technique, ce levier le plus fort du progrès social moderne.

Le sénateur Paterno, après avoir dit qu'on ne saurait plus assigner de limites aux découvertes chimiques, parle des dernières trouvailles relatives à la transmutation des métaux, le plus grand problème de la chimie appliquée, car il n'y a qu'un pas de la transformation d'un corps simple en un autre à la production artificielle de corps nouveaux avec des propriétés voulues (2).

" Dans le temps infini et dans l'infinie mutabilité des choses rien ne peut plus être dit impossible. „

(1) Voir notamment *la question sucrière résolue par la science*, JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ CENTRALE D'AGRICULTURE DE BELGIQUE (février 1875).

(2) L'*alchimie*, dit le dictionnaire de Bouillet, inspecteur général de l'Instruction publique, étudiait comme aujourd'hui la chimie " *mais dans le but chimérique d'opérer la transmutation des métaux* „. Il faudra donc modifier nos dictionnaires officiels pour en revenir aux théories du moyen âge.

M. le professeur Paterno, en parlant du temps *infini* ne semble pas avoir tenu compte de la judicieuse observation de Littré, qui écrivait, il y a quelque trente ans, que " nous ne pouvons affirmer l'éternité, ni l'infinité des choses dont nous ne connaissons que le côté phénoménal ".

" Déjà les chimistes remplacent les produits de la nature par ceux qu'ils obtiennent artificiellement dans les laboratoires. L'homme travaille donc à se rendre indépendant de la terre, et quel bouleversement dans ce vieux monde quand il lui sera possible d'obtenir *sans recourir au sol* sa nourriture normale et les produits nécessaires aux diverses exigences de la vie sociale ? "

En attendant que cet idéal soit atteint, le docteur Franck a exposé les moyens les plus modernes de fertilisation du sol par l'utilisation directe de l'azote atmosphérique pour la fabrication d'engrais. Il a retracé toute l'évolution de cette branche des sciences naturelles qui vise par une plus large distribution d'engrais azotés à augmenter la productivité du sol. Le problème est compliqué : le guano et l'ammoniaque sont insuffisants ; quant au nitrate de soude, le moment est proche où les gisements seront épuisés. Il est vrai que notre atmosphère est un immense et inépuisable réservoir d'azote. Un calcul bien simple montre que la colonne atmosphérique dominant un hectare de terrain renferme 79 000 tonnes d'azote, soit une quantité égale à celle que contiennent les 500 000 tonnes de nitrate de soude que l'Allemagne importe du Chili. Mais comment fixer l'azote atmosphérique? Par le moyen de bactéries? Helbriegel et Winogradzky le pensèrent. La *nitragine* entra dans le commerce, mais on n'a guère obtenu jusqu'ici de résultats pratiques. Le docteur Franck rappelle ensuite les plus intéressants parmi les travaux que ce sujet a suscités. Un fait était certain ; sous l'action de l'étincelle électrique l'azote de l'atmosphère se combinait avec l'oxygène en formant de l'acide nitrique ; mais l'on n'avait pas d'appareils capables de résister aux températures nécessaires. Siemens cependant inventait la dynamo ; grâce à ses travaux, deux Suédois Birkeland et Eyde trouvaient un procédé pour la production électrique d'acide nitrique, qui doit encore recevoir la sanction de l'expérience. Le docteur Franck montre ensuite par quelle série d'expériences l'on arriva, en chauffant, avec de l'eau à haute pression, la calciocyanamide brute, à produire de l'ammoniaque et des sels d'ammoniaque ; et comment l'on déduisit que la calciocyanamide pouvait être

employée directement pour la nutrition des plantes comme engrais. L'on procéda alors à de sérieuses expériences qui furent dirigées par MM. Wagner de Darmstadt et Gerlach de Posen. Elles eurent lieu en 1901 et 1902, en grand nombre et dans des conditions variées et furent tout à fait concluantes. La calciocyanamide renfermant le 20 p. c. d'azote, était déclarée un engrais des plus avantageux pour l'agriculture. De plus, les matières premières nécessaires, telles que la chaux, le charbon et l'azote atmosphérique sont faciles à obtenir.

Le professeur Angelo Menozzi de Milan, qui est non seulement un habile chimiste agronome, mais aussi un économiste aux vues larges, reconnaissait bientôt l'importance que ce nouveau procédé électrochimique pouvait présenter spécialement pour l'Italie et réussissait à réveiller par ses études l'intérêt des ingénieurs et des industriels. Avec le concours de personnalités éminentes de l'industrie l'on a constitué dans la suite la *Società Generale per la Gianamide*, qui se rendit propriétaire de tous les brevets et procédés pour la production de la chaux azotée et de ses dérivés. Cette Société céda alors ses brevets pour l'Italie et l'Autriche-Hongrie à la *Società Italiana per la fabbricazione di Prodotti Azotati* qui a déjà mis en action une grande usine à Piano d'Orte. Après avoir expérimenté le procédé sous tous ses rapports, elle a décidé d'agrandir considérablement cette usine en utilisant les grandes forces hydrauliques du Pescara, appartenant à sa Société même, *Società Italiana di Elettrochimica*, et d'installer aussi à Fiume, en Hongrie, une usine importante. La *Società Generale* à son tour a assuré ou prévu l'installation de plusieurs fabriques en d'autres pays pourvus de forces d'eau à bon marché, comme la France, l'Espagne, la Suisse et la Norvège.

La crainte exprimée par certains auteurs que la cyanamide en se développant puisse donner naissance d'abord à la dicyandiamide, et ensuite, à cause de l'absorption d'eau, à la cyandiamidine avec son action caustique, n'est pas fondée, comme cela a pu être constaté par des essais sérieux ; car la transformation ou bien la polymérisation de la chaux azotée en dicyandiamide se fait seulement par les températures de 45 à 50 degrés centigrades : ce qui n'existe pas dans le sol. Quant aux quantités d'acétylène dégagées, l'on doit observer que l'acétylène n'est pas vénéneux pour l'organisme des animaux et des plantes ; son innocuité a été prouvée aussi moyennant des essais directs

exécutés avec les herbes potagères les plus sensibles et les légumes de toute espèce.

Le docteur Franck donne ensuite un bref aperçu sur les autres applications qui sont nées jusqu'ici du procédé de la fixation de l'azote, et termine par un véritable dithyrambe en l'honneur de la patrie de Volta et de Galvani.

Nous publions *in extenso* l'analyse de cette conférence, parce qu'elle résume parfaitement les progrès réalisés depuis dix ans dans la fabrication des engrais artificiels à base d'azote. Georges Ville disait avec raison : " Quand nous fournirons l'azote à bon compte aux cultivateurs, *le problème de la vie à bon marché sera résolu.* "

Il existe un autre moyen de fixer directement l'azote de l'air dans le sol, que G. Ville a contribué l'un des premiers à mettre en lumière :

C'est la *sidération*, c'est-à-dire la fixation de l'azote par les plantes de la famille des légumineuses, comme le trèfle et le lupin.

D'immenses plaines de sable ont été mises en valeur, depuis vingt-cinq ans, par la culture du lupin, qui fixe l'azote atmosphérique sur ses racines par l'intermédiaire des bulbiles caractéristiques des légumineuses; ce phénomène de *symbiose*, œuvre d'une bactérie, a été fort bien étudié en Allemagne vers la fin du siècle dernier; mais les cultures dans le sable calciné de M. Georges Ville, qui fut énergiquement soutenu dans sa campagne par l'illustre Chevreuil, son commensal au Museum, ne parvinrent pas à fournir la démonstration expérimentale de la fixation de l'azote, avant les découvertes des Allemands et les travaux subséquents de Schoësing et Laurent. En effet, dans toutes les écoles officielles d'agriculture de l'Europe, on enseignait qu'il n'existe pas de plantes améliorantes et que les légumineuses puisent leur azote, comme les autres plantes, dans la profondeur du sol. Seul à l'École d'agriculture de l'Université de Louvain, créée en 1878, M. Proost enseignait la fixation directe de l'azote libre de l'air par des plantes de *familles diverses* et il ne tarda pas à mettre à la portée de tous, par ses expériences dans le *sable lavé*, cette preuve que les expériences dans le sable *calciné* ne parvenaient pas à fournir parce que la calcination détruit les microbes du sol (voir ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, tome XXIV, avril 1900); c'est ce que M. Proost a rappelé à la VIIe section *(chimie agricole)* du Congrès de Rome en montrant comment les expériences du jardin

botanique de Louvain qu'il dirigea à partir de 1884, l'amenèrent à découvrir ensuite des quantités considérables de potasse, non décelée par les réactifs ordinaires, dans les sables lavés qui servirent à ses expériences. Il démontra que cette potasse est assimilée par certaines plantes, comme la pomme de terre et l'avoine, tandis qu'elle ne l'est guère par le froment (1).

M. le professeur Stocklasa, de Prague, vice-président de la section, a confirmé le phénomène de la fixation directe de l'azote atmosphérique par les bactéries du sol qu'il a baptisées du nom de *radiobacter* et d'*azotobacter*. L'exposé de ses belles recherches a paru cette année dans les BERICHTEN DER DEUTSCHEN BOTANISCHEN GESELLSCHAFT (Band XXIV. Heft 1). M. le professeur Grandeau de Paris vient également de publier, à Paris, une étude très complète sur la production de l'acide nitrique avec les éléments de l'air (Paris, librairie du TEMPS, boulevard des Italiens).

Après une discussion des plus intéressantes, à laquelle prirent part des savants de divers pays, notamment MM. les professeurs Giglioli, Dusserre, Prianischnikow (président), Stocklasa (vice-président), M. Proost propose d'instituer, comme en Belgique, une commission permanente de chimistes, de physiciens et de naturalistes pour étudier à fond les conditions naturelles et artificielles de production des sols et de réunir les matériaux de bonnes cartes agronomiques (séance du 30 avril, BOLLETINO QUOTIDIANO DEL VI CONGRESSO INTERNAZIONALE DI CHIMICA APPLICATA).

La section adhère à cette proposition qu'elle considère d'intérêt international et dans la séance du 2 mai, elle émet le vœu suivant, qui fut voté en assemblée générale, " qu'il soit institué dans les divers pays d'Europe des champs d'expériences permanents, suivant le type de ceux de Rothandstld, afin de déterminer exactement la production naturelle et la production artificielle des grains et des autres cultures, *dans les diverses conditions de climats* (2) ".

(1) Telle est donc l'une des principales raisons d'être *des assolements*; certaines plantes rustiques mobilisent les principes minéraux fertilisants, que les anciens procédés d'analyse usités dans les laboratoires agricoles ne parvenaient pas à déceler.

(2) Le Congrès de Botanique appliquée qui s'est tenu à Paris à la fin du mois d'août, a confirmé ce vœu en proposant une entente internationale entre les savants pour l'amélioration progressive des cultures par la sélection et l'hybridation des végétaux, l'introduction des plantes utiles, etc.

En la séance suivante, M. Proost appelle l'attention de la section sur l'analyse des cendres de certains arbres cultivés du Midi qui, comme la vigne, l'olivier, l'oranger, donnent des signes de dégénérescence, qui se manifestent par la multiplication des maladies de nature parasitaire. Considérant que certaines plantes contiennent dans leurs cendres des quantités très minimes de métaux sous forme de sels qui ne sont pas restitués par les engrais chimiques et qui semblent jouer un rôle physiologique important (comme le manganèse), il se demande s'il n'y a pas là une piste nouvelle à suivre par les chimistes et les physiologistes. Certaines espèces de plantes ne végètent que dans nos mines de zinc, par exemple *Gentiana, Viola calaminaria.* L'uranium se retrouve dans les cendres de certaines variétés de betteraves, etc. M. le président se rallie à cette manière de voir.

La conférence de M. le professeur W. Ramsay *sur l'épuration des eaux d'égout* constitue un exposé très complet de l'état actuel de cette grave question, qui intéresse au plus haut point l'hygiène et l'agriculture : évidemment la solution du problème est encore à trouver. L'orateur rappelle les découvertes de Pasteur montrant que l'épuration naturelle des eaux par le sol doit être attribuée aux microbes; ce qui a suggéré l'idée des procédés dits *biologiques,* permettant de réduire considérablement la surface des terrains d'épandage.

Les eaux d'égout, préalablement épurées par des méthodes de filtration, sont soumises tour à tour aux procédés d'oxydation par les microbes *acrobies* de la surface du sol, et aux procédés de *réduction* par les microbes *anacrobies* du sous-sol. Par l'oxydation, les matières organiques hydrocarbonées et azotées donnent de l'acide carbonique, de l'acide azoteux et ensuite de l'acide azotique combiné sous forme de nitrate de chaux. Mais les eaux d'égout riches en ammoniaque n'éprouvent pas de fermentation azotique, car il ne se forme que des azotites.

La conclusion c'est qu'on ne peut pas toujours distinguer avec certitude les bacilles dangereux de ceux qui ne le sont pas et qu'il faut disposer de terrains *perméables* et étendus pour pratiquer, comme à Gennevilliers, l'irrigation *agricole* avec succès.

L'expérience peu satisfaisante des irrigations de la ville de Bruxelles dans les plaines situées en aval de la capitale, près de Vilvorde, confirme cette manière de voir.

Au banquet de clôture du Congrès, la Belgique fut représentée par M. l'ingénieur Watteyne du ministère du Travail qui porta le toast suivant très applaudi :

" On aime chacun son métier !

„ Le mien est celui de mineur ! Et j'en suis fier !

„ Le métier de mineur, en effet, a, comme celui des armes, sa noblesse spéciale, celle du danger !

„ Ce danger ne manque pas dans les mines de houille de Belgique qui sont les plus profondes et les plus dangereuses du monde entier.

„ Aussi la lutte contre les dangers qui menacent la vie des mineurs est-elle, chez nous, continuelle et acharnée.

„ Cette lutte est la préoccupation constante des Ingénieurs du Corps des Mines, auquel j'ai l'honneur d'appartenir.

„ Et si M. le Ministre de l'Industrie et du Travail a délégué près de ce Congrès des représentants du Corps des Mines, c'est spécialement en vue de la recherche de nouveaux moyens pour augmenter la sécurité de nos ouvriers mineurs.

„ Son attente n'a pas été déçue : les travaux présentés aux Sections des Explosifs et des Mines, dont nous avons suivi les séances, ont apporté des lumières nouvelles qui nous aideront à résoudre divers problèmes intéressant la sécurité des mines.

„ Au nom des ouvriers mineurs de Belgique, merci !

„ Qu'on me permette de viser particulièrement dans mes remerciements les distingués et dévoués Présidents des classes III^A et III^B, qui ont dirigé les travaux de ces classes avec tant d'autorité, de compétence et de courtoisie. Ils appartiennent tous deux aux nobles métiers dont j'ai parlé : ce sont, en effet, un mineur et un soldat ! J'ai nommé le colonel Vitali et mon sympathique collègue italien, l'ingénieur en chef Mattirolo ! „

La section des explosifs, à laquelle M. l'ingénieur Watteyne collaborait, a entendu une communication présentant un grand intérêt d'actualité de M. Armand Gautier de Paris, sur les *phénomènes volcaniques dans leurs rapports avec la genèse des eaux thermales.*

M. Gautier attribue les éruptions volcaniques et l'origine des sources thermales non pas à l'introduction des eaux de la mer par les failles terrestres dans les régions incandescentes du globe, mais à la dislocation des couches profondes cristallines, qui perdent leur eau de cristallisation en pénétrant dans les laves brûlantes qui supportent l'écorce terrestre. Ces roches primitives contenant de 8 à 16 °/o d'eau de constitution peuvent

dégager de 25 à 30 millions de tonnes d'eau par kilomètre cube de *granit*, par exemple, et *200 milliards* de mètres cubes de gaz à une pression de sept à huit mille atmosphères. Ainsi s'expliqueraient la formidable puissance des éruptions volcaniques, leur intermittence et leur irrégularité qui tiennent à l'irrégularité même des plissements, des dislocations et des effondrements de l'écorce terrestre.

Partant de ces données M. Armand Gautier a réussi à fabriquer de toutes pièces de véritables eaux minérales, identiques aux eaux minérales naturelles par la distillation lente due à la déshydratation artificielle des roches cristallines primitives.

V. D. B.

GÉOGRAPHIE

Le royaume de Marrakech (1). — L'extrême Nord et la frontière algérienne du *Maroc* sont les parties les plus troublées de l'empire chérifien, qui compte heureusement d'autres régions plus vastes, plus fertiles, plus peuplées et plus soumises. Telles sont par exemple les grandes plaines du *Haouz ;* elles constituent le royaume de *Marrakech*, et leurs produits (céréales), s'écoulant par *Rabat, Casablanca, Mazagan* et *Safi* (doté d'une mauvaise barre), donnent au commerce du *Maroc* toute son importance. C'est ce royaume qui a fait l'objet des recherches de M. *Lemoine ;* s'il n'a apporté que des modifications et des compléments de faible importance à la belle carte d'ensemble au 10 000 000e de M. *de Flotte-Roquevaire*, en revanche, au point de vue géologique, il a fait des constatations fort intéressantes. Il a défini plusieurs niveaux du Trias, du Jurassique, du Crétacé, du Pliocène, etc., et il a constaté, après MM. *Théobald Fischer* et *Brives*, l'existence de plis orientés N. 20° E. dans les couches primaires qui affleurent, non seulement dans les *Djebilet*, mais dans l'*Atlas ;* ces plis toutefois, considérés comme le prolongement des plis hercyniens d'*Europe*, n'affectent pas les sédiments d'âge secondaire. " Ces derniers sont plissés d'une façon tout autre, parallèlement ou à peu près parallèlement à la chaîne de

(1) Paul Lemoine, LA GÉOGRAPHIE, t. XII (1905), pp. 21-28.

l'*Atlas*. Ainsi se superposent... dans la région de l'*Atlas*, deux séries de plis d'âges différents et de direction différente. C'est un phénomène analogue à celui qui a été observé dans les *Sudètes* et sur le bord de la *Meseta*. „

D'autre part la partie sud de la région de *Marrakech* se compose, au S. de l'*oued Tensift*, de plateaux calcaires, d'âge crétacé et éocène, dont la fertilité est médiocre par suite du manque d'eau. Ce n'est qu'autour des sources et des puits, que se sont établies d'importantes cultures, et que se sont formées des agglomérations : *douar* (village), *kasbah* (château), *zaouia* (monastère). Au nord du *Tensift*, les terrains pliocènes prennent un développement inconnu plus au sud, et présentent généralement des cultures assez intensives ; on y récolte quantité de céréales : blé, orge, maïs, etc. Le sol, presque partout fertile, l'est particulièrement là où dominent les terres noires *(tirs)* et les terres rouges *(hamris)* ; " cette région est appelée à devenir l'une des plus importantes du globe au point de vue de la production des céréales, et un des greniers de l'*Europe* „.

En arrière, la plaine de *Marrakech* est constituée par des alluvions de rivières originaires de l'*Atlas* ; ces alluvions reposent sur des terrains primaires et forment, grâce à une irrigation abondante et savante, " une vaste oasis où les cultures de céréales et les pâturages alternent avec les plantations de palmiers et d'oliviers, et avec les jardins où l'on cultive les grenadiers, les dattiers, les citronniers et les orangers „.

Comme la plupart des régions montagneuses, le haut *Atlas* est un pays pauvre, sauf en quelques coins privilégiés, où s'observent de riches cultures étagées, soigneusement irriguées.

Pour comprendre la situation politique du royaume de *Marrakech*, il importe de rappeler que le sultan jouit dans le pays d'un certain prestige religieux, dû à ce qu'il appartient à une illustre famille chérifienne. Mais une partie du *Maroc (Bled makhzen)* reconnaît de plus son autorité temporelle, d'où l'obligation des impôts et du service militaire ; dans les différentes régions du *Bled makhzen*, le sultan est représenté par des caïds.

Le *Bled makhzen* est formé de deux royaumes, concentrés autour des deux capitales *Fez* et *Marrakech*, où le sultan réside alternativement. Le royaume de *Fez* comprend les deux villes impériales de *Fez* et de *Meknès* ; ses ports sont *Larache* et *Tanger*. Il est séparé du royaume de *Marrakech* par le territoire insoumis *(Bled es siba)* des *Zemmour*, que l'empereur doit con-

tourner, en passant le long de la mer par la ville fortifiée de *Rabat*, s'il veut passer d'un royaume dans l'autre.

Le royaume de *Marrakech* est le plus important des pays makhzen ; " il s'étend jusqu'à l'*Atlas*. Son commerce propre est extrêmement actif, et c'est par ses ports, surtout par *Mogador*, que se font les transactions avec le *Sud-Marocain (oued Sous, oued Draa)* et avec le *Sahara* ".

Quelques régions peuvent être considérées comme intermédiaires entre le *Bled makhzen* et le *Bled es siba ;* le sultan y entretient des caïds, qui n'exercent pas l'ombre d'une autorité ; telles sont la région du *Sous*, la région longeant la frontière oranaise.

L'organisation du pays est encore toute féodale ; une partie considérable du *Maroc occidental* est constituée de grands fiefs, dont les titulaires sont le caïd des *Abdi*, le caïd du *Glaoui*, le caïd des *Goundafi*, etc.

Le Soudan anglo-égyptien (1). — La convention signée en 1898 avec la *France*, a donné à l'*Angleterre* la certitude de conserver la domination de l'*Égypte*, et lui a fourni, avec la reconnaissance de ses droits sur le *Soudan*, le moyen d'établir sa suprématie sur la *mer Rouge*, et de se relier avec la colonie de l'*Uganda*. Tous ces avantages, le gouvernement anglo-égyptien les poursuit avec une ténacité remarquable. On peut placer à la base de l'organisation du pays, et surtout de la mise en valeur du *Soudan*, dont l'avenir est dans l'agriculture, les voies de communication et l'irrigation. Le chemin de fer d'*Alexandrie* à *Wadi-Halfa* a été poussé jusqu'à *Khartoum*, et a largement contribué au développement rapide de cette ville, qui était en ruines, il y a sept ans, et qui ne tardera pas à passer, du rang de centre administratif du *Soudan* anglo-égyptien, à celui de capitale, " à cause de l'importance de sa situation géographique et de la situation centrale que lui feront les voies de communication ". *Khartoum* compte aujourd'hui : un palais, de nombreux édifices, une belle mosquée, une école remarquable *(Gordon college)*, des hôtels, de l'eau potable, l'électricité, des quais en pierre en voie de prolongement vers le *Nil Blanc ;* grâce à un pont bientôt terminé, ces quais relieront *Khartoum* à *Omdur-*

(1) Par Bonnel de Mézières. BULL. DU COMITÉ DE L'AFRIQUE FRANÇAISE, 1906, pp. 189-194 ; — L'activité des Anglo-Égyptiens au Soudan. IBIDEM, 1906, pp. 60-62.

man, et en feront un seul centre de 90 000 habitants. Sur cette voie ferrée de *Wadi-Halfa* à *Khartoum* vient se raccorder entre *Berber* et *Ed Damer*, station située sur l'*Atbara*, la ligne, longue de 532 kilomètres, qui part de *Port-Soudan (Cheikh-Barud)*. Ce nouveau port, placé sur la *mer Rouge*, à 48 kilomètres au N. de *Souakim* et puissamment défendu, est dans une situation admirable, au fond d'un large golfe en eau profonde. Ces deux lignes combinées assurent en temps de guerre les communications de l'*Angleterre* entre l'*Europe* et l'*Asie*, et lui permettent d'aller se ravitailler au *Soudan*, à *Khartoum* en particulier, qui est un remarquable centre d'approvisionnements, en grains et en viande, pour une flotte ou une armée, quelle que soit leur importance.

Sur la ligne *Wadi-Halfa-Khartoum-Port-Soudan*, sont amorcés ou le seront bientôt, un embranchement qui partira de *Thomian*, situé à mi-chemin entre la *mer Rouge* et l'*Atbara*, et se dirigera sur *Kassala*, et une voie qui s'embranche à la station d'*Abou-Ahmed*, entre *Wadi-Halfa* et *Khartoum*, longe le *Nil* jusqu'à *Merowé*, et se continuera jusqu'à *Dongola* ; cette dernière voie, d'intérêt local, aidera à la transformation rapide de cette région, très propre à la culture des dattiers, des céréales et du coton, et assurera ce trafic au *Soudan*, au détriment de l'*Égypte*.

Au surplus *Khartoum* va devenir tête de ligne d'une voie ferrée longeant le *Nil Bleu*, se dirigeant vers *Wad-Médani* et *Rosèires*, et aboutissant à *Addis-Abbaba*. C'est probablement sur cette ligne, qui facilitera les travaux d'irrigation dans la superbe région enserrée entre le *Nil Bleu* et le *Nil Blanc*, et dénommée *Ghézireh*, qu'aboutira, le long des contreforts abyssins, le chemin de fer de l'*Uganda*.

Quant au chemin de fer du *Kordofan*, il sera amorcé à *El Dueïm*, au S. de *Khartoum*, sur le *Nil Blanc* ; il gagnera *El Obéid* ; il n'est guère douteux que cette ligne, qui facilitera l'occupation du *Darfour*, sera prolongée à travers le *Ouadaï* jusqu'au *Tchad*, sous le nom de *Chemin de fer du Pèlerinage* ; elle achèvera de développer et de civiliser le *Soudan* tout entier du *Sénégal* au *Nil*.

Nous venons de dire que la voie ferrée de l'*Uganda* irait s'amorcer à la ligne *Khartoum-Addis-Abbaba*. L'événement n'est point proche et le *Nil Blanc* restera en attendant la seule grande artère reliant le *Soudan* à l'*État Indépendant du Congo* et à l'*Uganda*. Le *Bahr el-Arab* et le *Kir* ont été débarrassés du sedd, et les vapeurs peuvent remonter jusque *Hofrat el-Nahas*

et jusqu'à une journée de *Dem-Ziber*. Dans la rivière de *Djour*. les roches ont été enlevées et la navigation est possible jusque près de *Tamboura*. Deux de ces voies fluviales permettent des communications avec le *Mbomou-Ubanghi*, et la troisième avec le *Chari*.

Sans parler des ponts à construire en divers points du *Nil*, signalons qu' " un barrage doit être établi à *Goz-Abou-Guma*, pour faciliter l'irrigation du territoire entre le *Nil Blanc* et le *Nil Bleu*, et aussi du Sud du *Kordofan* ", et que le cours du *Nil* depuis *Bor* jusqu'à sa rencontre avec le *Sobat* sera rectifié, pour éviter la perte d'eau considérable qu'éprouve le fleuve pendant sa traversée des régions marécageuses du *Bahr el-Ghazal*, et augmenter ainsi dans d'énormes proportions la surface des terres irriguées ou le nombre des récoltes.

L'Année cartographique (1). — Cette publication continue à présenter le plus grand intérêt ; la présente livraison contient les modifications géographiques et politiques survenues pendant l'année 1904 en *Asie*, en *Afrique* et en *Amérique* ; MM. *E. Giffault*, *M. Chesneau* et *V. Huot* ont dressé les cartes respectives de ces trois continents.

La feuille consacrée à l'*Asie* donne les itinéraires de *V. Obroutcheff*, en *Asie centrale*, dans la *Chine septentrionale* et au *Nan Chan* (échelle du 7 500 000e) ; — les itinéraires du lieutenant *Oum* dans la province de *Dar Lac (Indo-Chine française)* (éch. du 1 500 000e) ; — les itinéraires de MM. *C. G. Rawling* et *A. J. G. Hargreaves* dans le *Tibet occidental* (éch. du 5 000 000e) ; — trois cartons montrant l'avancement des travaux géodésiques, de la topographie et de la cartographie dans l'*Indo-Chine française*. Pour l'*Afrique* nous avons une carte de la partie du *Sahara*, comprise entre *In-Salah* et *Tombouctou*, d'après les reconnaissances du commandant *Laperrine*, du capitaine *Thèveniaut*, du lieutenant *Voinot*, etc. (éch. du 6 000 000e) ; — un croquis du *Tchad*, d'après la carte manuscrite du lieutenant *Boudry*, dressée à l'aide des travaux des officiers qui ont séjourné dans la région (éch. du 1 200 000e) ; — un croquis des îles de *Los* ; — le tracé du chemin de fer projeté entre *Thiès* et *Kayes* ; — enfin au point de vue politique : la nouvelle frontière

(1) Supplément annuel à toutes les publications de Géographie et de Cartographie. 15e année. Paris, Hachette, novembre 1905. In-fo. Trois feuilles de cartes avec texte explicatif au dos.

anglo-allemande en *Guinée* (éch. du 4 000 000e) ; la nouvelle frontière entre *Niger* et *Tchad*, d'après l'accord franco-anglais du 8 avril 1904 (éch. du 6 000 000e); la nouvelle frontière franco-anglaise en *Gambie* (éch. du 1 000 000e) ; les nouvelles divisions de l'*Afrique occidentale française*. L'*Amérique* n'est représentée que par deux cartes : les *Monts Appalaches* et les *Grands Lacs canadiens*, d'après les cartes du " *U. S. Geological Survey* „ (éch. du 3 000 000e) ; — explorations dans la *Haute Argentine* et la *Bolivie*, entreprises de 1903 à 1904 par M. *Florence O'Driscoll* et les Drs *Steinmann*, *Hoek* et *von Bistram* (échelle du 5 000 000e).

Bien que le texte placé au dos des cartes ne soit qu'une partie accessoire et se borne généralement à un exposé sommaire des itinéraires, il nous faut cependant signaler l'excellent commentaire ajouté par M. *Emm. de Margerie* au croquis des *Monts Appalaches* et une notice sur le lac *Tchad*, écrite par le lieutenant *Boudry*, et d'où il résulte que " dans un temps plus ou moins long, lorsque le *Tchad* aura acquis sa stabilité hydrographique, il n'en restera qu'un vaste marais et la communication navigable entre le *Chari* et la *Komadougou*, point de départ de la route du *Soudan*, n'existera que pendant quelques mois de l'année „.

Le peuplement de la Suisse. Étude de géographie humaine (1). — La *Suisse* couvre 41 324 kilomètres carrés, répartis en trois grandes régions naturelles, qui sont du sud au nord, les *Alpes*, le *Plateau* et le *Jura*. La zone productrice ne comprend que les trois quarts de cette superficie ; la zone habitée, en raison de l'altitude, est encore plus restreinte. Sur les sommets des Alpes, dont plusieurs points sont à plus de 4000 mètres au-dessus du niveau de la mer, le climat est très rude et contrarie le mouvement de la population ; en 1888, 5 °/o seulement des habitants habitaient au-dessus de 1000 m. d'altitude ; le climat est beaucoup plus doux dans les vallées, où l'élevage, principalement celui du gros bétail, constitue de loin l'occupation principale des habitants ; cette industrie pastorale entraîne une large dispersion de la population, mais résout le problème de l'existence dans ces hautes altitudes.

" Les grandes vallées longitudinales, généralement assez

(1) Par Pierre Clerget. BULL. SOC. ROY. BELGE DE GÉOGRAPHIE, 1906, pp. 73-97.

larges, sont plus habitées que les vallées latérales, plus étroites et à pentes plus raides ; le peuplement est tellement fonction de l'étroitesse de la vallée que l'*Engadine*, tout entière, avec ses vingt-deux communes, atteint à peine la population de *Coire* (12 209 habitants) ; la zone habitable ne s'étend que sur une mince bande et les maisons vont s'égrenant en chapelet le long de la route. „ De façon générale d'ailleurs les villages s'établissent toujours plus haut que la rivière, soit que celle-ci coule dans une gorge profonde, soit que l'on craigne les irrégularités de son débit ; presque partout les pentes exposées au midi sont plus peuplées et plus cultivées, que les versants tournés vers le nord. " D'autres facteurs généraux exercent aussi leur influence sur le peuplement des Alpes : la nature de la roche en place, l'épaisseur de la terre végétale, l'abondance de l'eau et les facilités de l'irrigation ; plusieurs de ces conditions se trouvent réunies dans l'utilisation des cônes de déjection que les torrents forment à leur sortie des vallées latérales. Plus ces torrents sont écartés les uns des autres, plus ils sont puissants, plus leur pente est douce et plus leur cône est faiblement incliné et stable. Dans ce dernier cas, les villages s'y installent, l'homme y trouve de l'eau, un terrain particulièrement fertile ; de là, il domine la plaine d'alluvions, et la vallée où coule le torrent est le chemin naturel de la montagne. „

A l'exception de *Coire*, située au coude du Rhin, au point où la vallée s'élargit suffisamment pour permettre les cultures, les agglomérations urbaines sont inconnues dans les *Alpes ;* les habitants vivent dispersés dans les villages ; mais à la belle saison des bourgades de quelques centaines d'individus se grossissent de milliers d'excursionnistes, qui se succèdent sans interruption ; c'est même grâce à " l'industrie des étrangers „, autrement rémunératrice que l'élevage et vraie barrière à l'exode rural, engendré par les branches industrielles, que la population permanente de ces petits centres tend naturellement à augmenter.

Bien que l'altitude soit beaucoup moindre au *Jura* que dans les *Alpes* (*Mont Tendre* 1683 mètres), néanmoins le climat, celui des hautes vallées notamment, est plus rude à altitude égale ; aussi l'élevage est-il prédominant, et les cultures encore plus rares que dans les *Alpes ;* il ne s'en trouve même pas dans les hautes vallées, dont la population serait beaucoup moins dense, sans l'introduction, au commencement du XVIIIe siècle, d'une industrie merveilleusement adaptée au milieu, l'horlogerie ; elle

constitue la grande richesse de ce pays au sol pauvre. Ici, comme dans les *Alpes*, les exigences de l'élevage ont nécessité la dispersion de la population : on ne peut signaler dans les hautes vallées, à l'altitude de 950 et de 1000 mètres, que deux villes de 13 000 et de 36 000 âmes, le *Locle* et la *Chaux-de-Fonds ;* elles ont grandi avec le développement de l'horlogerie, mais elles ont gardé leur aspect rural, leurs mœurs simples et leur caractère hospitalier.

Le pied du *Jura*, qui forme la partie la plus basse du *Plateau suisse*, a une altitude comprise entre 350 et 450 mètres, mais du côté des *Alpes*, la région s'élève jusque près de 2000 mètres. Sous le rapport climatérique, le *Plateau* est la plus favorisée des trois grandes régions naturelles de la *Confédération helvétique*. La température moyenne annuelle oscillant entre 7 et 10° C, le *Plateau* est à la fois région de culture et région d'élevage ; la vigne et les céréales sont particulièrement en honneur, mais l'élevage gagne sur la culture ; il est plus rémunérateur en raison des perspectives qu'il ouvre à certaines industries : fabrication du fromage, du lait condensé, de la farine lactée, du chocolat au lait. Ce développement de l'élevage pousse à l'exode rural, car il nécessite moins de bras ; il favorise donc l'action exercée par les villes, particulièrement développées sur le *Plateau*, qui réunit toutes les conditions pour être plus peuplé que les *Alpes* et le *Jura*.

" Si de nombreuses agglomérations jalonnent l'ancienne voie romaine de *Genève* à *Arbon*, c'est encore l'eau qui a exercé sur les centres habités la plus puissante attraction. Au nord et au sud, où cet élément est plus rare, les villages sont compacts ; dans les vallées du centre, au contraire, où l'eau est surabondante, les fermes se disséminent, le paysan s'isole au milieu de ses terres. Cette influence de l'eau n'est nulle part plus visible qu'autour des lacs. „ Les causes de ces phénomènes sont l'adoucissement de la température, la beauté du paysage et les facilités offertes aux cultures arborescentes et à la vigne. M. F.-A. Forel a tracé, sur les rives suisse et savoyarde du *Léman*, deux bandes parallèles de 2500 mètres de largeur, de 250 kilomètres carrés de superficie totale, la première riveraine, la seconde située entièrement à l'intérieur des terres. La population de la zone lacustre est de 246 296 habitants, soit 570 par kilomètre carré ; elle est six fois plus considérable que celle de la zone campagnarde qui s'élève à 43 938 individus, soit 93 par kilomètre carré. " Même en soustrayant de la première zone les

deux grandes cités de *Genève* et de *Lausanne*, il resterait 251 habitants par kilomètre carré... „

“ Sur les dix-huit villes suisses de plus de 10 000 habitants, quinze se trouvent sur le *Plateau*, réparties principalement soit au pied du *Jura*, soit au pied des *Alpes*, vérifiant le principe que la population se porte toujours de préférence à la limite de deux régions naturelles. „ Presque tous ces centres doivent essentiellement leur extension à la création des chemins de fer et au développement industriel. “ L'extension du périmètre urbain s'est modelée sur la topographie : si l'on constate à *Berne* et à *Fribourg*, par exemple, une forte prédominance vers l'ouest, c'est que dans cette direction s'ouvre le méandre de l'*Aar* ou de la *Sarine*, point de départ du peuplement des deux villes. Partout ailleurs, l'élargissement s'est fait à peu près également en tous sens, à moins que les rives d'un lac ou un autre obstacle physique ne lui aient marqué des limites infranchissables „. Il faut signaler enfin “ l'influence des pays voisins qui s'est fait sentir surtout à la périphérie : si *Genève* est française d'allures, *Bâle* et *Schaffhouse* ont bien le cachet allemand, et l'air italien des petites villes tessinoises n'est pas pour surprendre. La *Suisse* se trouve, en effet, au carrefour de trois civilisations, qui se reflètent et s'estompent dans le peuplement de ses frontières. „

Bâle port de mer (1). — Sachant que les voies de communication sont le principal facteur du développement industriel et commercial d'un pays, et qu'elles modifient de façon heureuse les conditions économiques des régions qu'elles traversent, la *Suisse*, placée au cœur de l'*Europe*, en un carrefour où viennent se croiser plusieurs artères de trafic international, n'a pas hésité, comme le prouvent le *Saint-Gothard* et le *Simplon*, à s'imposer des sacrifices énormes. Toutefois ces transports par *essieu* sont onéreux : ils augmentent largement le prix de revient des matières premières nécessaires à l'industrie. Aussi, en peuple bien avisé, les *Suisses* cherchent-ils à développer chez eux la *navi-*

(1) REVUE PRATIQUE DES SCIENCES COMMERCIALES, Liége, 1906, pp. 265-276. Analyse d'une étude publiée par M. TH. ZOBRIST, professeur à l'École de commerce de Porrentruy, sous le titre : La navigation sur le Rhin supérieur. Son importance pour la ville de Bâle et son influence sur le trafic international de la Suisse, dans : SCHWEIZERISCHES KAUFMANNISCHES CENTRALBLATT, mars 1906, nos 9, 10 et 11.

gation fluviale, dont les tarifs sont particulièrement favorables au transport des marchandises lourdes et encombrantes.

La convention de *Mannheim* de 1868 a ouvert le *Rhin* et ses affluents, de *Bâle* jusqu'à la pleine mer, à toutes les embarcations chargeant les personnes et les marchandises ; ces bateaux peuvent suivre la voie qui leur plaît, pour l'aller et le retour. Aussi la batellerie sur ce fleuve, en dépit des voies ferrées qui drainent ses rives, a-t-elle pris un essor extraordinaire ; les ports rhénans allemands présentent un mouvement annuel qui dépasse trente millions de tonnes ; entre *Ruhrort* et *Mannheim*, il circule tous les ans près de trente mille bateaux, et quarante mille entre *Ruhrort* et *Rotterdam*. Il se comprend dès lors que les villes rhénanes s'imposent des sacrifices d'argent considérables pour se créer des ports sûrs. " *Duisburg*, *Ruhrort*, *Dusseldorf*, *Cologne*, *Mayence* et *Mannheim*, possèdent des bassins et des quais d'embarquement qui rappellent ceux des grands ports de mer ; ils sont munis de l'outillage le plus puissant et le plus moderne. „ Il en sera bientôt de même de *Kehl*, de *Strasbourg* et de *Bâle*. Nous disons *Bâle*, en dépit des obstacles résultant de l'opposition de *Mannheim*, de celle de *Kehl* et de *Strasbourg*, et des difficultés que le *Rhin* supérieur offre à la navigation. Des remorqueurs d'un type spécial auront aisément raison des bancs de gravier tapissant çà et là le lit du fleuve, et la preuve ayant été faite que celui-ci est navigable pendant au moins huit mois d'avril à novembre, une société de navigation à vapeur sur le *Rhin* supérieur a été fondée à *Bâle*. Comme couronnement de tous ces efforts, des fonds viennent d'être votés par le Grand Conseil du Canton pour doter la ville d'un port digne de la première place de commerce de la *Suisse*.

Congrès international pour l'étude des régions polaires. — Ce congrès a tenu ses séances à *Bruxelles*, du vendredi 7 au mardi 11 septembre. Le véritable but, visé par les organisateurs, était la création d'une " Commission polaire internationale „. La partie scientifique cependant n'a pas été perdue de vue, mais elle venait en ordre secondaire. Comme toujours des discussions plus ou moins vives ont eu lieu, des critiques, peut-être justifiées, ont été ou peuvent être formulées ; le travail des sections, faute de temps, n'a pas été ce qu'il aurait dû être ; mais l'accord s'est fait, grâce à des concessions mutuelles ; des vœux ont été émis et adoptés, et l'on a voté le projet de statuts de la " Commission polaire internationale „ que nous venons de signaler. Ce

projet devra être soumis dans le plus bref délai à l'approbation des États. Et voilà créé un nouvel organisme, dont on peut attendre les plus heureux résultats, car les polaires ont toujours arboré la vieille et fière devise : noblesse oblige.

F. Van Ortroy.

ETHNOGRAPHIE

—

Chronologie du quaternaire. — Qui parviendra à débrouiller le chaos du quaternaire ? M. Rutot y contribue avec sa hardiesse habituelle et il a élaboré un système complet, dans lequel viennent s'intercaler à leurs places respectives, les dépôts, les données de la faune et les industries paléolithiques. Malheureusement cet ensemble, si savamment conçu et si adroitement agencé, est sujet à beaucoup de critiques, même de la part de ceux qui n'opposent aucune difficulté à l'industrie éolithique (1). M. Blanckenhorn s'en est longuement occupé à la Société d'Anthropologie de Berlin, quand il s'est agi d'interpréter les trouvailles faites dans le diluvium, aux environs de Neuhaldensleben, à l'ouest de Magdebourg.

En premier lieu, il reproche à M. Rutot de suivre trop servilement M. Geikie et de ne pas tenir suffisamment compte des travaux des géologues allemands et notamment des intéressantes recherches de M. Penck, sur le quaternaire des Alpes (2).

M. Blanckenhorn fait valoir un second grief contre la classification de M. Rutot, qui a le tort de caractériser des époques par l'*elephas antiquus* et l'*elephas primigenius* et d'établir une distinction trop formelle entre ces deux époques. C'est un fait avéré que les restes de ces deux éléphants se rencontrent très souvent ensemble, que l'*elephas antiquus* est caractéristique du Chelléen et qu'il ne faut pas assigner le gisement de Taubach à

(1) P. Favreau, *Neue Funde aus dem Diluvium in der Umgegend von Neuhaldensleben.* M. Blanckenhorn, *Diskussion.* Zeitschrift für Ethnologie, tome XXXVII, 1905, pp. 284 et suiv.

(2) A lire un article de M. A. Obermaier : *Le Quaternaire des Alpes et la Nouvelle Classification du professeur A. Penck.* L'Anthropologie, 1904, p. 25.

une prétendue époque éolithique, parce qu'on y a relevé la présence de l'*elephas antiquus*.

M. Rutot commet une troisième erreur ; il attribue une valeur excessive à l'aspect de l'industrie et au type des instruments. Parce que le coup de poing fait défaut, dans certains gisements de l'Europe centrale, ce n'est pas un motif pour les classer dans le paléolithique moyen ou le paléolithique supérieur, alors que les données de la géologie permettent de fixer une date plus reculée.

L'Origine des Éolithes. — M. Boule combat l'existence de l'homme tertiaire et la valeur des éolithes comme produits de l'industrie humaine, pour deux motifs : d'abord il est imprudent d'admettre l'existence de l'homme à des époques géologiques si reculées en l'absence de tout document ostéologique ; ensuite il paraît certain que les éolithes peuvent être produits par des causes naturelles.

Il y a, au sud-est de Mantes, dans la commune de Guerville, une usine qui fabrique du ciment, en mélangeant de la craie et de l'argile plastique. La craie, qui renferme des rognons de silex, est versée avec l'argile dans des cuves circulaires, appelées délayeurs et dans ces bassins elle est soumise au mouvement tourbillonnaire de l'eau. Ces cailloux, qui subissent dans les délayeurs les actions dynamiques d'un tourbillon artificiel, comparables aux actions dynamiques d'un cours d'eau naturel et torrentiel, offrent tous les caractères des anciens graviers des rivières et un grand nombre d'entre eux présentent des retouches identiques à celles qu'on observe sur les éolithes. M. Boule a pu recueillir une belle collection d'échantillons, semblables à ces pièces, qu'on désigne sous les noms de *percuteurs, grattoirs, retouchoirs, silex à encoches*. Voici la conclusion de M. Boule : " Comme paléontologiste, je crois fermement à l'existence de l'homme tertiaire ; je ne doute pas qu'on trouvera un jour ses traces sur quelque point du globe ; mais pour être irrécusables, ces traces devront avoir une valeur tout autre que celle des éolithes " (1).

(1) M. Boule, *L'Origine des éolithes*, L'ANTHROPOLOGIE, t. XVI, 1905, pp. 257 et suivantes. M. H. Obermaier expose les mêmes données, dans l'article *Zur Eolithenfrage*, ARCHIV FÜR ANTHROPOLOGIE, Neue Folge, t. IV, p. 75.

Classification du néolithique. — A la Société d'anthropologie de Bruxelles, M. Rutot (1) a fait valoir quelques notions préliminaires sur le néolithique, devant servir de base à une classification à introduire dans cet âge. Il distingue des facies divers du néolithique et il discerne le Tardenoisien, le Campignien, le Néolithique à facies éolithique, auquel il donne le nom de Flénusien, l'Omalien, caractérisé par les fonds de cabanes, le Robenhausien à facies industriel et le Robenhausien à facies défensif.

Cette manière d'envisager le néolithique nous suggère plusieurs observations.

M. Rutot considère-t-il le néolithique en général ou ne tient-il compte que du néolithique de Belgique ?

Sans le dire clairement, il ne paraît s'occuper que du néolithique de Belgique, car s'il tenait compte du néolithique des autres pays, il devrait d'après son système introduire un grand nombre de subdivisions, pour caractériser tous les facies que le néolithique comporte en divers pays. Nous croyons que la répartition de M. Rutot est sujette à faire naître la confusion ; pourquoi choisir un nom particulier, comme l'Omalien par exemple, pour désigner l'habitat et l'industrie des fonds de cabanes, qui se manifestent en plusieurs pays ? Avec une telle nomenclature, on risque de multiplier les vocables à l'infini et d'avoir un nom particulier pour chaque découverte.

Si l'on établit une classification pour le néolithique, il y a lieu, nous semble-t-il, de distinguer, non les manifestations diverses de la culture néolithique, mais les époques pendant lesquelles cette culture a évolué ; de cette façon on peut s'en tenir aux débuts du néolithique, caractérisés par les stations à tranchets du Campignien, de l'Arisien et des *Affaldsdynger* du Danemark et autres gisements similaires (2) et au plein épanouissement du néolithique, pour lequel on a depuis longtemps adopté le nom de Robenhausien et qui est caractérisé par des facies divers, comme l'érection des cabanes et des habitations lacustres, la construction des dolmens, la confection des beaux instruments tels que les haches polies et les pointes de flèches. Toutes les stations de l'apogée du néolithique offrent des ressemblances et présentent aussi des variétés, soit pour l'habitat, soit pour la

(1) A. Rutot, *Notions préliminaires sur le Néolithique*. BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE BRUXELLES. Tome XXIV, 1905, p. XXIII.

(2) L'ANTHROPOLOGIE, tome XII, p. 354.

confection des instruments et l'industrie de la poterie et ces variétés sont réunies à des degrés divers dans les mêmes stations ; cette diversité n'implique pas une nomenclature diverse, une classification distincte, mais simplement des notions ethnographiques différentes. Jusqu'à nouvel ordre, à l'exemple de M. Piette (1), nous ne distinguerons que deux époques dans le Néolithique, pour lesquelles on peut adopter le nom de *Campignien* pour les stations à tranchets et le nom de *Robenhausien* pour les stations où prédomine la hache polie.

L'homme de Krapina. — Nous avons étudié un nouvel article de M. Gorjanovic-Kramberger sur ses intéressantes recherches dans la caverne de Krapina (2). Il en résulte à toute évidence que le gisement de Krapina appartient au paléolithique inférieur, bien qu'il soit difficile d'établir la chronologie du quaternaire pour la Croatie et de la comparer à celle des autres contrées, pour le motif que le gisement paraît antérieur au loess et que la Croatie n'a pas subi l'invasion des Glaciaires.

Il est certain que la caverne de Krapina est caractérisée par la présence du rhinocéros Mercki. M. Gorjanovic-Kramberger a relevé, depuis ses précédentes études, un crâne entier de ce rhinocéros, qui a permis de fixer l'âge géologique de la couche et l'a mis hors de conteste.

L'étude de quelques débris de crânes humains a permis de conclure qu'il y a des crânes dolichocéphales, mésaticéphales et brachycéphales ; nous avions toujours cru que les races primitives de l'Europe étaient extrêmement dolichocéphales.

M. Gorjanovic-Kramberger attribue aussi des caractères pithécoïdes à une partie de l'os frontal. Il est aisé de constater la notable différence qui distingue le type de Spy-Néanderthal, du crâne du Chimpanzé : n'est-il pas hors de propos d'attacher une si grande importance à des parties si fragmentaires ? La diffé-

(1) E. Piette, *Classification et Terminologie des temps préhistoriques.* CENTRALBLATT FÜR ANTHROPOLOGIE, tome VI, p. 65. — M. Cartailhac écrit dans l'ANTHROPOLOGIE, tome XVI, 1905, p. 321 : " Ni Salmon ni MM. Capitan et d'Ault n'ont inventé le Campignien ; l'honneur en revient aux Danois, à Worsaae principalement et la démonstration de deux phases dans le Néolithique remonte au Congrès de Copenhague, en 1869.„

(2) Dr K. Gorjanovic-Kramberger, *Der paläolithische Mensch und seine Zeitgenossen aus dem Diluvium von Krapina in Kroatien*, dans MITTEILUNGEN DER ANTHROPOLOGISCHEN GESELLSCHAFT IN WIEN, t. XXXV, 1905.

rence est-elle moins accentuée, parce que les arcades sourcilières sont proéminentes, le front fuyant et que l'os nasal, dont une minime partie seulement subsiste, ne forme pas un angle avec l'os frontal, mais semble se profiler dans la même direction que le front ? Qu'on jette un coup d'œil sur une collection de crânes récents, et on verra immédiatement des exemplaires dans lesquels une partie de l'os nasal suit le profil de l'os frontal que M. Gorjanovic-Kramberger a si minutieusement étudié.

L'auteur décrit dans les moindres détails quatre mâchoires inférieures, et il les compare à la mâchoire de la Naulette et à celles de Spy et de Sipka. Elles sont prognathes et sans connexité en avant. L'apophyse du génioglosse fait défaut, mais on aperçoit deux légères éminences, dans lesquelles on voit poindre la *spina mentalis interna* de l'homme récent.

Les écritures de l'âge glyptique. — M. Piette poursuit dans l'ANTHROPOLOGIE, ses originales études d'ethnographie préhistorique. Son dernier article s'occupe des écritures de l'âge glyptique. On sait que M. Piette appelle ainsi l'âge du renne, à cause des sculptures et des gravures qu'on y rencontre. Il nous montre divers fragments de bois de renne avec de belles sculptures en creux. Les signes qu'ils portent, représentent des cercles à saillie centrale, des losanges, des fossettes, des spirales de formes diverses, qui se suivent.

Voici maintenant la thèse que M. Piette soutient : ces signes sont des hiéroglyphes. Ces symboles sont des images employées comme signes d'une chose ; ils représentent donc des mots. Dans la succession des temps, les mots ont été décomposés en syllabes, les syllabes en lettres et les mêmes signes ont désigné successivement des mots, des syllabes et des lettres. Les merveilleuses sculptures de l'âge du renne nous représentent donc les plus anciennes inscriptions connues, l'écriture des temps paléolithiques !

Nous professons pour la science et les admirables découvertes de M. Piette le plus grand respect, mais nous hésitons à souscrire à des assertions aussi hardies et aussi dénuées de preuves.

Prenons le cercle à saillie centrale ; nous admettons tout au plus qu'il offre quelque ressemblance avec l'hiéroglyphe qui désigne le soleil. M. Piette va trop loin, quand il affirme que ce signe est le symbole du soleil. Comment peut-on le savoir ?

M. Piette est encore plus tranchant, quand il s'agit des autres

signes. Il ne suffit pas de dire : " Le losange aussi est certainement un symbole... Le sixième signe est évidemment un hiéroglyphe. „ Ce sixième signe, aussi énigmatique que les autres, consiste en deux lignes droites et trois lignes courbes juxtaposées.

En somme, les affirmations de M. Piette ne nous paraissent pas appuyées de preuves suffisantes, et ensuite l'auteur ne semble-t-il pas se contredire et donner la véritable interprétation de ces signes, quand il avoue que ces signes constituent des motifs d'ornementation et que " le symbolisme a été la principale source d'ornementation aux temps glyptiques „ ?

Tout ce qu'on peut présumer, c'est qu'il est possible que ces gravures soient des symboles et même, si c'étaient des hiéroglyphes, il faudrait renoncer à jamais à les lire, à les interpréter, à en saisir la signification.

La chronologie que M. Piette s'efforce d'établir sur l'évolution de l'écriture, sur le temps nécessaire à l'écriture pictographique pour se développer et aboutir à l'écriture cursive, nous semble également du domaine de la fantaisie (1).

Les restes humains quaternaires dans l'Europe centrale. — M. H. Obermaier entreprend dans l'ANTHROPOLOGIE (2) les restes humains quaternaires, recueillis dans l'Europe centrale, pour élucider le problème des races humaines quaternaires. La première partie de ce remarquable travail est consacrée aux découvertes anthropologiques de l'Autriche-Hongrie et son principal mérite consiste en ce que l'auteur, ayant étudié les découvertes sur place, est à même d'écarter toutes celles dont la valeur scientifique n'est pas solidement établie.

C'est ainsi qu'il élimine comme douteuses ou erronées, les trouvailles faites en Bohême, en Hongrie et en Pologne et certaines trouvailles faites en Moravie, pour s'en tenir au gisement de la caverne de Sipka en Moravie, qu'il range dans la troisième période glaciaire : Moustérien à faune froide ; aux découvertes de Krapina, aux gisements de Willendorf, de Predmost et de Bruenn, qu'il attribue à la troisième période interglaciaire et à la phase de la formation du loess : Moustérien à faune chaude et période des steppes ; au gisement de la *Gudenus-hoehle*,

(1) Ed. Piette, *Études d'ethnographie préhistorique. Les Écritures de l'âge glyptique.* L'ANTHROPOLOGIE, t. XVI, 1905, pp. 1-11.

(2) L'ANTHROPOLOGIE, tome XVI, 1905, pp. 385 et suiv.

qu'il classe dans la quatrième période glaciaire : Magdalénien à faune froide.

La caverne de Sipka, au nord de la Moravie, n'a fourni qu'un fragment incomplet et partant peu caractéristique de mandibule humaine ; la *Gudenus-hoehle,* sise aux environs de Krems n'a procuré qu'une canine d'enfant et la station de Willendorf, près de Vienne, qu'un fragment de fémur gauche.

Nous avons déjà rendu compte des découvertes de Krapina et nous en reparlons plus loin.

La station de Predmost, située aux environs de Prerau, a livré plusieurs squelettes. On a pu reconstituer dix crânes dolichocéphales, dont six appartiennent à des individus adultes et quatre à des adolescents. La longueur des fémurs permet de conclure qu'il s'agit d'une grande race. Les crânes masculins montrent des arcades sourcilières bien développées.

A Bruenn on a trouvé un squelette, dont le crâne est au plus haut degré dolichocéphale. Quelques parties du crâne et des autres ossements étaient colorées d'un rouge intense. M. Virchow avait exprimé l'opinion que cette coloration était artificiellement produite après le décharnement des os. M. Obermaier est d'avis qu'on jetait autour du corps enterré des grains de sanguine, dont la désagrégation produisait des taches rouges sur les os et sur les objets placés à côté d'eux.

Résultat scientifique : bien que les documents ne soient pas abondants, il est permis de présumer qu'à l'époque quaternaire la région du Danube moyen était peuplée d'une grande race dolichocéphale.

Les peintures et gravures murales de la caverne de Marsoulas. — Nos lecteurs se rappellent le bel article consacré par le regretté marquis de Nadaillac aux peintures et aux gravures murales des grottes préhistoriques de l'âge du renne (1). L'infatigable et savant abbé Breuil, aidé de M. Cartailhac et de M. Capitan, continue à explorer ces cavernes et à rendre compte de ses découvertes. Récemment et de concert avec M. Cartailhac il a décrit dans l'ANTHROPOLOGIE (2) les relevés des graffites et des peintures de la caverne de Marsoulas, située près de Salies-du-Salat, dans la haute Garonne.

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. LVI, juillet 1904, pp. 67-96.

(2) E. Cartailhac et l'abbé Breuil, *Les Peintures et Gravures murales des cavernes pyrénéennes.* L'ANTHROPOLOGIE, t. XVI, juillet-octobre 1905, pp. 431-444.

Ce qui captive l'intérêt, dans les découvertes faites dans cette caverne, c'est qu'elles établissent un lien entre la caverne espagnole d'Altamira et celle de Font-de-Gaume et autres du Périgord, de la Gironde et du Gard.

Il y a d'abord un paragraphe relatif aux gravures. Nous admirons les dessins d'un cheval gravé sur la paroi droite, d'un bison gravé sur la paroi gauche et d'un bouquetin gravé au fond de la galerie. Les principales figures entières, au nombre de quatorze se composent de six chevaux, six bisons, un bouquetin et un cervidé. Il y a une centaine de croquis de têtes, parmi lesquels le bison prédomine. Quelques croquis de figures humaines semblent rappeler des masques de sauvages.

Le paragraphe suivant traite des animaux peints. La principale figure est un grand bison, analogue à ceux d'Altamira. Les bords de l'image, le pourtour du corps, c'est-à-dire la croupe, la queue, la ligne dorsale, le creux des reins, le garrot, toute la tête, l'avant du poitrail sont noirs. En dedans de ces lignes la masse du corps, les flancs, les cuisses sont rouges. L'œil a la prunelle rouge. Deux bisons, qu'on rencontre ensuite, sont noirs.

Le dernier paragraphe de cette monographie expose les signes. On remarque des tectiformes, des pectiformes, des pointillés et des bandes arborescentes, qui sont rouges. Les peignes, à quatre, à cinq et parfois à six dents assez allongées, semblent représenter des mains. On observe aussi des croix, inscrites dans un cercle, qu'on retrouve sur les galets coloriés du Mas d'Azil.

A Marsoulas pas plus qu'à Altamira on ne rencontre de figures d'animaux éteints, comme dans la Dordogne.

Crânes préhistoriques et crânes modernes. — M. Charles S. Meyers a établi une comparaison intéressante entre deux séries d'indices (1). La première appartient à un grand nombre de crânes, qui proviennent des fouilles de M. Petrie à Nekada et auxquels on attribue un âge de 5000 ans avant notre ère. La seconde a été prise sur le vivant et ramenée aux indices craniométriques. L'auteur a pu mesurer des soldats égyptiens, originaires des provinces de Kena et de Girga et ces conscrits ont

(1) Charles S. Meyers, *Contributions to Egyptian Anthropometry. The comparative Anthropometry of the most ancient and modern Inhabitants*, dans THE JOURNAL OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE OF GREAT BRITAIN AND IRELAND. Vol. XXXV, 1905.

vécu dans la même région de la vallée du Nil et dans le même milieu que leurs ancêtres préhistoriques.

L'indice céphalique moyen de la série préhistorique est 72,99 ; l'indice céphalique moyen de la série moderne est 72,53 ; la morphologie du crâne ne dénote donc aucune différence essentielle entre la population préhistorique et la population moderne.

Dans les deux séries, on constate que l'écart entre l'indice céphalique minimum et l'indice céphalique maximum est très faible et le peu d'étendue des oscillations démontre que la population moderne est demeurée aussi homogène que l'était la population préhistorique.

Pour la sériation individuelle, la courbe accuse sensiblement les mêmes sommets, avec double décroissance analogue, dans les deux séries.

Cette comparaison fournit un bel exemple de la persistance des caractères physiques, dont l'ensemble constitue les races.

Le crannoge de Zeebrugge. — Quand on a creusé, en 1904, la darse ouest du port de Zeebrugge, on a découvert, sous deux mètres d'alluvions marines, un ancien ouvrage en bois, de forme rectangulaire, qui a été déblayé en partie et décrit par M. le baron de Loë (1). Il était formé de poutres en grume, de 12^{m},50 de longueur, parallèles, distantes les unes des autres de 2^{m},66 à 3 mètres et reliées entre elles par des traverses. L'ouvrage était maintenu en place par deux rangées latérales de pieux, fixés très profondément en terre et serrés les uns contre les autres. Les grandes poutres présentaient toutes aux extrémités, une ouverture rectangulaire, dans laquelle pénétraient les traverses de liaison. Quelques vestiges découverts sur cet ouvrage, qui reposait sur la tourbe, le fixent à l'époque romaine, comme le suggère d'ailleurs la couche d'alluvions marines qui le recouvre et dont le dépôt a commencé dès le IVe siècle. Cette construction offre une ressemblance frappante avec les crannoges des îles britanniques. On y a recueilli aussi une calotte crânienne, avec

(1) A. de Loë, *Découverte d'un ancien ouvrage en bois, dans les travaux de creusement de la darse ouest du port de Zeebrugge*, BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE BRUXELLES, tome XXIV, 1905, p. XIX. — Baron Ch. Gillès de Pélichy, *Note sur l'ancien ouvrage en bois, découvert au port de Zeebrugge*. ANNALES DE LA SOCIÉTÉ D'ÉMULATION, tome LV, 1905, p. 177.

l'indice céphalique 74.85 (1). Il résulte d'autres découvertes que la région a été occupée aussi par une race brachycéphale ; le mélange des races, qui se constate de nos jours, remonte par conséquent à une date très ancienne.

J. CLAERHOUT.

SCIENCE ÉCONOMIQUE

Les Caisses ordinaires d'épargne en Italie (2). — Le Ministère italien de l'Agriculture, de l'Industrie et du Commerce a publié, à l'occasion de l'Exposition internationale de Milan, un historique étendu des Caisses ordinaires d'épargne dans lequel il a fait ressortir la grande part prise par ces Caisses dans le développement économique du pays. Cet historique, formé d'une série de monographies groupées par région territoriale, débute par une introduction générale claire, méthodique et substantielle dont l'analyse me suffira pour montrer les progrès de l'épargne en Italie depuis 1822 jusqu'aujourd'hui et quel a été le rôle bienfaisant des capitaux accumulés par elle, dans le domaine de l'agriculture, dans celui de l'industrie, comme aussi en matière de bienfaisance, de prévoyance et d'utilité publiques.

Les premières Caisses d'épargne italiennes — les Caisses vénitiennes — datent de 1822 ; elles furent annexées aux Monts de Piété. En 1823, fut fondée la Caisse de Milan, en 1827, celle de Turin, en 1829, celle de Florence. Les États de l'Église instituèrent la Caisse de Rome, en 1836 et celle de Bologne, en 1837. Puis les Caisses se multiplièrent de plus en plus. Au 1er avril 1906 on en comptait 184 en activité.

L'Italie ne fut pas la première à instituer des Caisses d'épargne — l'Allemagne, l'Angleterre et la Suisse se disputent cet honneur — mais elle ne fut pas longtemps à occuper une place

(1) V. Jacques, *Note sur le crâne trouvé à Zeebrugge*, BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE BRUXELLES, tome XXIV, 1905, p. XXII.

(2) Ministero d'Agricultura, Industria e Commercio. *Le Casse ordinarie di Risparmio in Italia dal 1822 al 1904.* Notizie storiche presentate all' Esposizione di Milano del 1906. Un vol. in-8o de 641 pages. — Roma, Tipografia nationale, 1906.

importante parmi les pays épargnants. Les 184 organismes actuels présentent une caractéristique bien propre au génie italien : une grande variété d'organisation et une remarquable faculté d'adaptation aux besoins locaux et au processus de la vie sociale. La loi de 1888 sur les Caisses d'épargne a respecté leur féconde indépendance et n'a pas voulu, en les courbant sous une règle trop uniforme, les empêcher de continuer une œuvre économique favorisée par une liberté d'action dont, à considérer l'ensemble des institutions, on n'a jamais abusé.

Les Caisses ordinaires d'épargne sont régies par la loi précitée de 1888, par celle de 1898 et par un règlement de 1897.

Les Caisses, quel que soit le fondateur, ont droit à la personnalité civile. Leur dotation originelle ne peut être inférieure à 3000 francs et n'est susceptible de remboursement que si le fonds de réserve atteint le 1/10 des dépôts. Ce fonds — comme aussi n'importe quelle espèce de patrimoine ou de profit — ne produit pas intérêt au bénéfice du fondateur. Les 9/10 des profits annuels sont destinés obligatoirement à la formation et à l'augmentation du fonds de réserve; le dernier dixième peut être affecté à des œuvres de bienfaisance ou d'utilité publique, à l'augmentation du patrimoine, etc. Cette part de 1/10 est majorée lorsque le fonds de réserve se maintient à une valeur égale au 1/10 des dépôts. La qualité de sociétaire est distincte de celle d'administrateur; la première est personnelle et intransmissible jusqu'au remboursement de la contribution. Aucune participation aux profits, aucune indemnité rattachée à ces profits ne sont accordées aux administrateurs ; ils ne perçoivent que des jetons de présence lorsque le capital administré dépasse cinq millions de lire.

Les livrets d'épargne sont nominatifs ou au porteur, ou bien nominatifs payables au porteur; la loi admet aussi des dépôts autres que des dépôts sur livrets, notamment des dépôts en compte courant. Les institutions de bienfaisance, les sociétés de secours mutuels, les sociétés d'artisans, etc., qui représentent la petite épargne sont autorisées dans certaines limites à posséder des livrets particuliers bénéficiant d'un taux d'intérêt plus élevé que celui des livrets ordinaires.

Les Caisses d'épargne ne peuvent acquérir d'immeubles que pour les besoins de leur service ; tous ceux qui viennent à leur échoir par héritage, donation, ou toute autre cause et dont l'emploi ne répond pas à ces besoins, doivent être vendus dans les dix ans.

Les statuts des Caisses sont approuvés par le Roi sur la proposition du ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et du Commerce, le Conseil d'État entendu. Les Caisses sont soumises à la surveillance du ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et du Commerce.

En cas de graves irrégularités, le Conseil d'administration peut être dissous ou suspendu et remplacé temporairement, dans le premier cas, par un commissaire royal ou, dans le second, par un commissaire ministériel. Lorsque dans le courant d'un exercice une perte d'au moins la moitié du patrimoine a été constatée et que cette perte n'est pas réparée par les fondateurs dans une mesure suffisante, la dissolution peut être prononcée par le Roi, le Conseil d'État entendu.

On voit par ce rapide exposé de la législation que l'avoir des déposants est entouré des plus expresses garanties. En l'espèce, ces garanties sont nécessaires ; elles sont un des meilleurs encouragements à l'épargne populaire.

Les 184 Caisses d'épargne actuelles se répartissent inégalement sur le territoire italien; les Marches et le Midi en possèdent le plus grand nombre, la Sicile, la Lombardie, la Ligurie en comptent le moins, la Sardaigne n'en possède plus. Les Caisses se classent en deux grands types : celui de Société anonyme — 103 caisses — qui domine dans la Toscane et les anciens États pontificaux, et celui d'institutions fondées par des communes ou d'autres êtres moraux — 76 Caisses — type habituel à la haute Italie et au Midi. Les 5 Caisses non comprises dans les catégories précédentes sont de forme spéciale. La Caisse de Milan a une administration à la nomination de laquelle prennent part la commune de Milan, toutes les provinces lombardes et le Gouvernement; les Caisses de Palerme et de Carrare ont un conseil nommé par le Gouvernement; la Caisse de Naples dépend de la Banque de Naples et celle de Sienne du Mont de Piété de Paschi.

Diverses institutions ont des succursales et leur action s'étend hors de leur province.

A la fin de 1904, les sommes déposées dans les 182 Caisses alors existantes se montaient à 1 776 900 000 lire; l'ensemble des patrimoines était de 281 800 000 lire. Il y avait donc 2 058 700 000 lire à administrer.

Le tableau suivant indique, depuis 1830, les accroissements décennaux des dépôts et des patrimoines pour l'ensemble des Caisses ordinaires d'épargne italiennes.

(En millions de lire)

	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1904
Dépôts	6,3	21,4	42,5	157,7	347,7	686,0	1186,7	1504,7	1776,9
Patrimoines	0,2	1,0	2,6	11,2	28,2	70,4	140,4	234,3	281,8

Si l'on tient compte, en outre, de près de 984 millions de lire recueillis par la Caisse d'épargne postale, dont il sera dit quelques mots plus loin, on arrive à un total de 2761 millions de lire de dépôts, somme considérable, mais qui est loin de représenter toute l'épargne italienne que sollicitent aussi pour une grande part les institutions de crédit et les Banques populaires. A la fin de 1904, les seules Banques coopératives — au nombre de 759 — avaient recueilli 640 1/2 millions de lire.

Les Caisses ordinaires d'épargne sont de véritables *Banques* de dépôt, elles sont donc appelées à *placer* les fonds qui leur sont confiés et, à cet égard, elles attirent particulièrement l'attention.

Voici le tableau des placements (dépôts et patrimoines) depuis 1830 :

(En millions de lire)

Au 31 déc.	Titres	Prêts hypothéc.	Prêts chirograph.	Portefeuille (Lett. de ch.)	Comptes courants	En souffr.
1830	3,0	1,5	1,9	—	—	—
1840	2,6	7,6	8.5	0,9	2,3	—
1850	2,7	20,0	14,9	3,3	2,8	—
1860	14,0	83,3	31,7	12,6	6,9	0,2
1870	73,8	107,5	49,3	27,1	11,9	0,9
1880	306,3	135,4	92,7	82,3	46,4	2,2
1890	578,7	274,9	151,0	142,0	60,4	6,9
1900	991,4	255,6	136,8	138,2	66,3	7,1
1904	1072,7	303,1	165,0	289,8	80,7	7,3

Les placements en titres sont pour la presque totalité des placements en titres publics ; ils ont eu et ont encore une grande influence sur le marché des fonds d'État, ils ont contribué à

TABLE DES MATIÈRES

DU

DIXIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LX DE LA COLLECTION

LIVRAISON DE JUILLET 1906

—

LE MINOTAURE TYPHÉE, par **M. J.-H. Fabre** 5

LA FORÊT GAULOISE, FRANQUE ET FRANÇAISE, par **M. C. de Kirwan** 30

LES ORIGINES DE LA STATIQUE *(fin)*, par **M. P. Duhem** . . 65

LA FONCTION ÉCONOMIQUE DES PORTS *(suite)* :

II. LE PORT DE BRUGES AU MOYEN AGE, par **M. Georges Eeckhout**. 110

III. LE PORT DE BARRY, par **M. H. Laporte** 127

IV. LE PORT DE BEIRA, par **M. Ch. Morisseaux** . . 143

V. LES FONCTIONS ÉCONOMIQUES DU PORT DE LIVERPOOL, par **M. Paul de Rousiers** 167

VI. ANVERS ET LA VIE ÉCONOMIQUE NATIONALE, par **MM. Ernest Dubois** et **Marcel Theunissen** . . . 183

VII. LES PORTS ET LA VIE ÉCONOMIQUE EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE, par **M. G. Blondel** 222

NOTE COMPLÉMENTAIRE, par **M. Édouard Van der Smissen** 243

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE AUX FÊTES DU CENTENAIRE DE LE PLAY, Discours de **M. Beernaert** 255

BIBLIOGRAPHIE. — I. 1. N. I. Lobatchefskij. Zwei geometrische Abhandlungen, aus dem Russischen uebersetzt, mit Anmerkungen und mit einer Biographie des Verfassers von Fr. Engel. – 2. N. J. Lobatchefskij's imaginäre Geometrie and Anwendung der imaginären Geometrie auf einige Integrale, aus dem Russischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von H. Liebmann. — 3. Études géométriques sur la théorie des parallèles par N. I. Lobatchewsky, traduit de l'allemand par J. Hoüel. — 4. Pangéométrie ou Précis de Géométrie fondée sur une théorie générale et rigoureuse des parallèles par N. J. Lobatchewsky, **P. Mansion**. 260

II. Sammlung von Formeln und Sätze aus dem Gebiete der elliptischen Funktionen nebst Anwendungen, von J. Thomae, **P. Mansion**. 266

III. Methodik der elementaren Arithmetik in Verbindung mit Algebraischer Analysis von Dr Max Simon, **H. B.** 268
IV. Grundriss einer analytischen Geometrie der Ebene, von J. Thomae in Jena, **H. B.** . . . 269
V. Études sur les Assurances-Vie. Calcul des primes suivant la notation des Actuaires, par Jean Schul, S. J., professeur d'Algèbre financière à l'École supérieure de commerce Saint-Ignace à Anvers, **C. Beaujean** 271
VI. Karl Schellbach. Rückblick auf sein wissenschaftliches Leben nebst zwei Schriften aus seinem Nachlass und Briefen von Jacobi, Joachimsthal und Weierstrass herausgegeben von Felix Müller, mit einem Bildnis Karl Schellbachs, **H. Bosmans, S. J.** . . . 274
VII. Bellino Carrara, S. J. Professore di Calcolo infinitesimale nell' Universita Gregoriana. L' " Unicuique Suum ", a Galileo, Fabricius e Scheiner nella scoperta delle macchie solari, **H. Bosmans, S. J.** 276
VIII. Le livre de l'Ascension de l'esprit sur la forme du ciel et de la terre. Cours d'astronomie rédigé en 1279 par Grégoire Aboulfarag, dit Bar-Hebraeus, publié pour la première fois, d'après les manuscrits de Paris, d'Oxford et de Cambridge, par F. Nau. Seconde partie, traduction française, **H. Bosmans, S. J.**. . 280
IX. Cours de Physique de l'École polytechnique, par M. J. Jamin, troisième supplément par M. Bouty. Radiations. Électricité. Ionisation, **V. S.** 286
X. Sur les Électrons, par Sir Oliver Lodge. Traduit de l'anglais par E. Nugues et J. Péridier, **V. S.** 287
XI. Radio-Activity, by E. Rutherford, deuxième édition, **V. S.** 288
XII. Theorie der Elektrizität. Zweiter Band : Elektromagnetische Theorie der Strahlung, von Dr M. Abraham, **V. S.** 288
XIII. Leibnizens nachgelassene Schriften physikalischen, mechanischen und technischen Inhalts, von Dr Ernst Gerland, **V. S.** 290
XIV. Elektrische Wellen-Telegraphie, von J.-A. Fleming. Traduit de l'anglais par E. Aschkinass, **V. S.** 291

XV. Les Éléments de l'esthétique musicale, par Hugo Riemann, Professeur à l'Université de Leipzig, traduit et précédé d'une introduction par Georges Humbert, Professeur au Conservatoire de Genève et à l'Institut de musique de Lausanne, **G. Lechalas** 292
XVI. Hydraulique agricole et urbaine, par G. Bechmann, **W.** 299
XVII. Le Sucre. Les plantes saccharifères, par C. Maréchal, **É. D. W.** 300
XVIII. Minnesota plant diseases, par G. M. Freeman, **É. D. W.** 301
XIX. L'Argentine au xxe siècle, par A. B. Martinez et M. Lewandowski, avec une préface par Ch. Pellegrini, ancien Président de la République argentine, **É. D. W.** 302
XX. Compte rendu des opérations et de la situation de la Caisse générale d'épargne et de retraite instituée par la loi du 16 mars 1865 sous la garantie de l'État. 304
XXI. De l'Esprit du gouvernement démocratique, par Adolphe Prins, **E. D.** 308
REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.
GÉOLOGIE, par **M. A. de Lapparent** 313
SCIENCES TECHNIQUES, par **M. G. de Fooz** 322
BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE. 338

LIVRAISON D'OCTOBRE 1906

JOSEPH-MARIE DE TILLY (1837-1906), par **M. P. Mansion.** 353
LA CHRONOLOGIE DES ÉPOQUES GLACIAIRES ET L'ANCIENNETÉ DE L'HOMME, par **M. A. de Lapparent** 362
LE PROBLÈME DE L'ALIMENTATION. PHYSIOLOGIE ET PRATIQUE DES RÉGIMES ALIMENTAIRES, par **M. le Dr Dardel** (d'Aix-les-Bains) 385
LA FORÊT GAULOISE, FRANQUE ET FRANÇAISE (*fin*), par **M. C. de Kirwan.** 421
L'ÉLECTRICITÉ CONSIDÉRÉE COMME FORME DE L'ÉNERGIE. LES DEUX NOTIONS FONDAMENTALES : LE POTENTIEL ET LA QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ, par **M. le Lt Colonel Ariès.** 452
LE RIRE ET SES ANOMALIES, par **M. le Dr X. Francotte.** 492
ORIENTAUX ET OCCIDENTAUX EN ESPAGNE AUX TEMPS PRÉHISTORIQUES, par **M. L. Siret** 529

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03543 6305